

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE FLUIDOS  
ÁREA DE INGENIERÍA TÉRMICA



INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA  
PROYECTO FIN DE CARRERA

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA  
PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA  
DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS EN VALENCIA

Autor: Antonio Sánchez Peinado  
Tutor: M<sup>a</sup> del Carmen Rodríguez Hidalgo

Leganés, septiembre 2010



## ÍNDICE

<b>1. NOMENCLATURA.....</b>	<b>6</b>
<b>2. INTRODUCCION .....</b>	<b>10</b>
2.1 EL PROBLEMA ENERGÉTICO .....	10
2.2 LA ENERGÍA SOLAR.....	12
2.2.1 OBTENCIÓN DE LA SOLAR.....	12
2.2.2 LA RADIACIÓN SOLAR .....	13
2.2.3 CARATERISTICAS Y TIPOS DE ENERGÍA SOLAR.....	15
2.2.4 ESTADO ACTUAL Y SU MERCADO .....	15
<b>3. OBJETIVOS DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>4. LEGISLACIÓN VIGENTE.....</b>	<b>19</b>
<b>5. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....</b>	<b>20</b>
<b>6. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE A.C.S. EN EL EDIFICIO.....</b>	<b>23</b>
<b>7. DATOS METEROROLÓGICOS Y ENERGÉTICOS DE VALENCIA .....</b>	<b>26</b>
<b>8. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR .....</b>	<b>29</b>
8.1 DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y RADIACIÓN SOLAR.....	29
8.2 LÍMITE DE PÉRDIDAS DEL CTE .....	31
8.3 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA CTE .....	38
<b>9. EL SISTEMA DE CAPATACIÓN SOLAR.....</b>	<b>40</b>
9.1 EL COLECTOR SOLAR ELEGIDO .....	46
9.1.1 FLUIDO DE TRABAJO. ....	48
9.1.2 CAUDAL DE TRABAJO. ....	49
9.2 ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DE A.C.S. ....	50
9.3 FRACCIÓN SOLAR CON EL COLECTOR ELEGIDO. ....	57
9.3.1 CON DATOS ANUALAES.....	57
9.3.1 CON DATOS MENSUALES .....	58
9.4 MODELO DE PÉRDIDAS EN EL COLECTOR SOLAR PLANO.....	60
9.5 FRACCIÓN SOLAR CON EL MODELO DE PÉRDIDAS.....	72
<b>10. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>76</b>
10.1 ESQUEMA DE PRINCIPIO DEL CAMPO SOLAR .....	76
10.2 DIMENSIONADO DEL DISIPADOR DE CALOR. ....	78
10.3 DIMENSIONADO DE LA ACUMULACIÓN. ....	79
10.4 DIMENSIONADO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR. ....	84
10.5 DIMENSIONADO DEL SISTEMA AUXILIAR DE ENERGÍA.....	97
10.6 DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS Y LOS AISLAMIENTOS. ....	99
10.7 DIMENSIONADO DE LAS BOMBAS. ....	104
10.8 DIMENSIONADO DE LOS SIATEMAS DE EXPANSIÓN.....	107
10.9 CONTROL Y REGULACIÓN.....	112
10.10 VALVULERÍA Y ACCESORIOS. ....	113
<b>11. ANÁLISIS DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL. ....</b>	<b>115</b>





---

12. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	119
13. CONCLUSIONES FINALES.....	126
14. REFERENCIAS.....	127
15. ANEXO I PLANOS.....	129
15. ANEXO II CATÁLOGOS TÉCNICOS.....	140



*A mis padres*





**“La energía solar no es una energía alternativa: es la energía”**  
**Hermann Scheer**

## 1. NOMENCLATURA

### NOMENCLATURA GENERAL

$A_T$	Área total del campo de colectores, $m^2$
$A_1$	Área de apertura del colector, $m^2$
$a$	Área útil de intercambio por placa, $m^2$
$b$	Distancia entre placas, m
$C_{max}$	Caudal máximo horario, l/s
$C_p$	Calor específico a presión constante, J/kg·K
$D$	Diámetro, m.
$D_{int}$	Diámetro interior, m
$D_{ext}$	Diámetro exterior, m
$d$	Espesor del aislamiento, m
$E_T$	Grado de estratificación del tanque, -
$e$	Espesor, m
$f$	Fracción solar, -
$f_f$	Factor de forma, -
$f_m$	Factor de mezcla, -
$f_{SF}$	Factor de fricción, -
$g$	Aceleración de la gravedad, $m/s^2$
$H$	Altura, m
$H$	Irradiación, MJ/ $m^2$
$h$	Coefficiente de convección, $W/m^2 \cdot K$
$I$	Intensidad media útil sobre plano horizontal, $W/m^2$
$I_T$	Intensidad media útil sobre plano inclinado, $W/m^2$
$k$	Conductividad térmica, $W/m \cdot K$



---

L	Longitud, m
$L_c$	Longitud característica, m
$m_1$	Caudal en el circuito primario
$m_2$	Caudal en el circuito secundario
$m_{\text{cons}}$	Caudal de consumo
$\eta$	Rendimiento, -
Q	Calor, W
$Q_{\text{bomba}}$	Caudal de la bomba, m <sup>3</sup> /h
$Q_{\text{diario}}$	Consumo diario, l
$Q_{\text{punta}}$	Consumo en el periodo punta del día, l
R	Resistencia térmica, K/W
$S_c$	Superficie del canal, m
T	Periodo punta, h
U	Coeficiente global de transferencia de calor, W/ m <sup>2</sup> ·K
V	Volumen, m <sup>3</sup>
VE	Vivienda estándar
v	Velocidad media del viento, m/s
$w_{\text{placa}}$	Anchura útil de la placa, m
$\alpha$	Azimut, °
$\alpha$	Difusividad, m <sup>2</sup> /s
$\beta$	Ángulo de inclinación, °
$\beta$	Coeficiente volumétrico de expansión térmica, 1/K
$\varepsilon$	Eficiencia, -
$\varepsilon$	Emisividad, -
$\eta$	Rendimiento, -
$\lambda$	Conductividad térmica, W/m·K

---



---

$\mu$	Viscosidad dinámica, kg/m·s
$\nu$	Viscosidad cinemática m <sup>2</sup> /s
$\rho$	Densidad, kg/m <sup>3</sup>
$\sigma$	Constante de Stefan-Boltzmann, W/m <sup>2</sup> ·K <sup>4</sup>
$\varphi$	Coefficiente de simultaneidad, -
$\Delta P$	Pérdida de carga, Pa

### COLECTOR SOLAR

$\eta_0$	Rendimiento óptico del colector, -
$a_1$	Coefficiente de pérdidas de primer orden, W/m <sup>2</sup> ·K
$a_2$	Coefficiente de pérdidas de segundo orden, W/m <sup>2</sup> ·K <sup>2</sup>

### NÚMEROS ADIMENSIONALES

Nu	Número de Nusselt
Pr	Número de Prandtl
Ra	Número de Rayleigh
Re	Número de Reynolds

### RESISTENCIAS TÉRMICAS DEL COLECTOR

$R_{conv}$	Resistencia de convección forzada en la parte trasera del colector, K/W
$R_{caja}$	Resistencia de conducción en la caja, K/W
$R_{aislante}$	Resistencia de conducción del aislante, K/W
$R_{fluido}$	Resistencia de convección en el fluido caloportador, K/W
$R_{tubo}$	Resistencia de conducción en el tubo, K/W
$R_{placa}$	Resistencia de conducción en la placa absorbadora, K/W
$R_{convl}$	Resistencia de convección natural en el interior del colector, K/W



$R_{radI}$	Resistencia de radiación entre el absorbedor y el vidrio, K/W
$R_{vidrio}$	Resistencia de conducción en el vidrio, K/W
$R_{convE}$	Resistencia de convección forzada en la parte superior del colector, K/W
$R_{radE}$	Resistencia de radiación del vidrio, K/W

## TEMPERATURAS

$T_{amb}$	Temperatura del ambiente durante las horas de sol, K
$T_{cielo}$	Temperatura del cielo, K
$T_{vidrio}$	Temperatura del vidrio del colector, K
$T_{placa}$	Temperatura de la placa absorbedora del colector, K
$T_{ci}$	Temperatura de entrada a los colectores, K
$T_{co}$	Temperatura de salida de los colectores, K
$T_{ici}$	Temperatura de entrada en el intercambiador de calor, K
$T_{ico}$	Temperatura de salida en el intercambiador de calor, K
$T_t$	Temperatura del tanque, K
$T_{cons}$	Temperatura de salida del tanque de A.C.S., K
$T_{sum}$	Temperatura de suministro, K

## 2. INTRODUCCION

La energía en sus diversos tipos es el motor que mueve las economías de los países. El consumo de energía históricamente ha sido considerado como un indicador del nivel de bienestar de un país. Estableciéndose una relación directa, a mayor consumo energético mayor calidad de vida.

Pero en el momento actual existe un problema con el crecimiento de consumo energético y las fuentes de energía. El agotamiento de las reservas, las cada vez más costosas técnicas de prospección y los problemas derivados del transporte (fundamentalmente marítimo).

Una alternativa a este problema es el empleo de las energías renovables, pero el desconocimiento, las inercias del mercado y la alta inversión inicial disuaden a muchos usuarios.

### 2.1 EL PROBLEMA ENERGÉTICO

La escalada de precios registrada por el petróleo en las distintas “crisis del petróleo” así como el aumento de contaminantes debido al uso de combustibles de origen fósil nos indica la necesidad de cambiar el modelo energético.

Desde mitad de la década de los noventa hasta la actualidad el consumo mundial de energía ha aumentado un 60 %, debido fundamentalmente al desarrollo de los países unido al creciente aumento de la población mundial. De este 60 % más del 85 % lo representan energías de origen fósil.

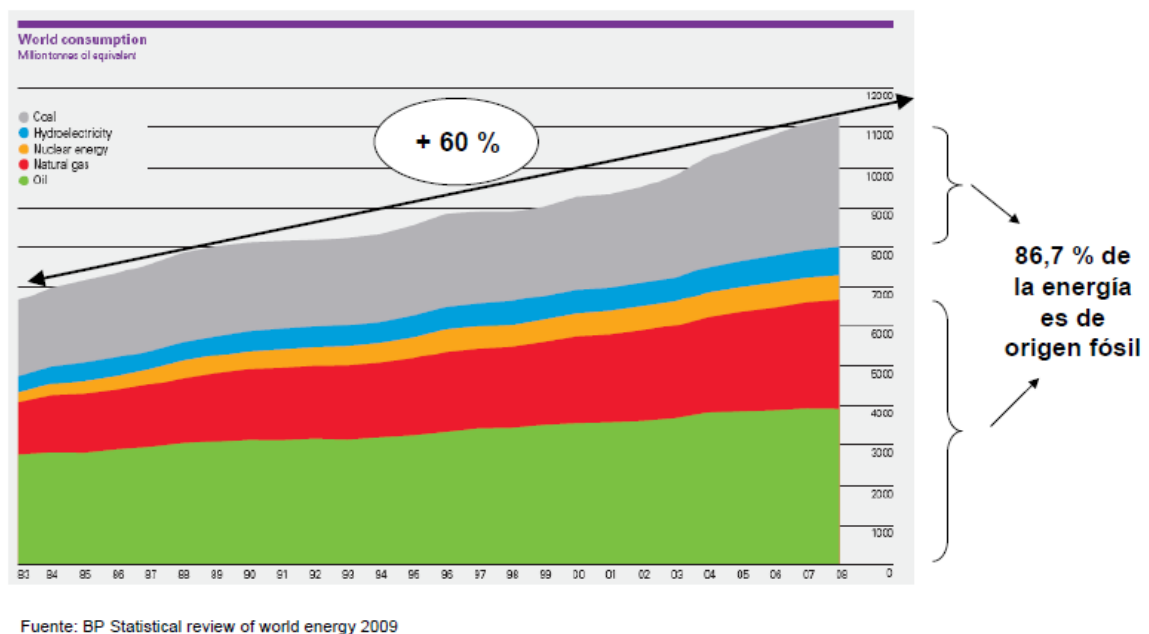


Gráfico 1.1 Consumo mundial de energía  
(Fuente: BP)



Para reducir la dependencia de los combustibles de origen fósil los gobiernos e instituciones de los países más desarrollados han apostado clara y decididamente por el impulso de las energías renovables. Estas además de un beneficio medioambiental y disminuyen la dependencia de los países productores de petróleo, y a su vez la renovables han generado toda una industria. La cual da trabajo a multitud de profesionales en todos los niveles, generando empleo de calidad.

Para articular esta apuesta por las energías renovables en España se lanzó el Plan de Fomento de las Energías Renovables 2005-2010. En el que se marcan los objetivos que deben alcanzar cada una de las diferentes energías renovables. Además las diferentes comunidades autónomas han impulsado sus Planes de Ahorro y Eficiencia Energética en los que se prima con subvenciones las instalaciones renovables.

Es indudable que el aspecto económico también juega un papel fundamental en el impulso de las energías renovables. La necesidad de no tener una gran dependencia de los países productores de petróleo y gas ha ayudado. Estos países mayoritariamente se encuentran asociados en cárteles que imponen los precios al mercado.

A modo de ejemplo la agencia europea Eurostat nos ofrece la más que probable evolución de los precios del gas natural desde 2010 hasta 2015.

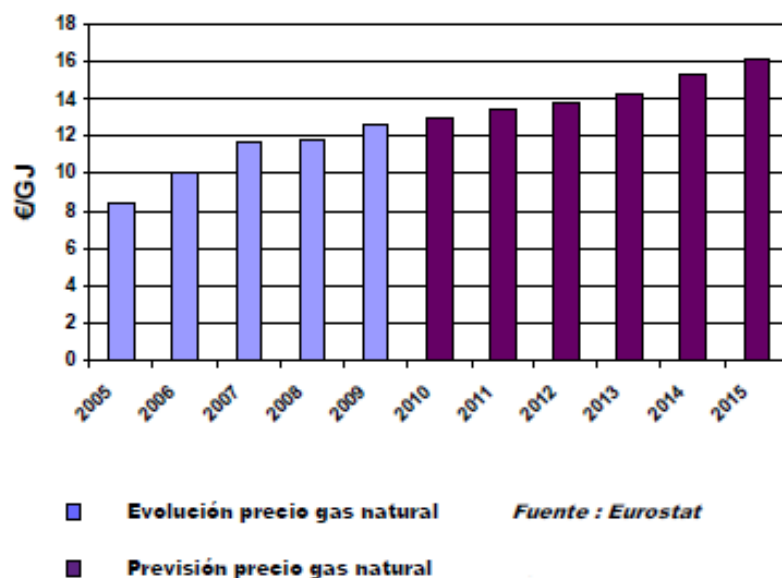


Gráfico 1.2 Evolución del precio del gas natural  
(Fuente: Eurostat)

En la medida en que se reduzca la dependencia de fuentes de energía de origen exterior y los países desarrollen su propia industria renovable bajarán los precios de la energía.

## 2.2 LA ENERGÍA SOLAR

### 2.2.1 OBTENCIÓN DE LA SOLAR

El origen de la energía solar es el Sol, que la produce en las reacciones nucleares que ininterrumpidamente se dan en su interior y la irradia. En estas reacciones los átomos de hidrógeno, que es el elemento más abundante en el Sol, se combinan entre sí para formar átomos de helio y, al mismo tiempo, una pequeña masa de dichos átomos se convierte en energía. La cual fluye hasta la superficie solar y desde allí es radiada en todas las direcciones del espacio.

La mayor parte de la energía irradiada es transportada en forma de ondas electromagnéticas (fotones) en una amplia gama de longitudes de onda diferentes, las cuales se desplazan en el vacío del espacio a una velocidad de 300.000 km/s, tardando solamente ocho minutos en recorrer la distancia entre el Sol y la Tierra.

Cada segundo el Sol irradia en todas las direcciones una energía de  $4 \times 10^{26}$  Julios. Esta ilustración de Solarpraxis nos representa la irradiación solar anual en la superficie terrestre frente a los recursos de energías disponibles en forma de carbón, petróleo, gas natural y uranio, así como la comparación a escala mundial de la demanda de energía anual.

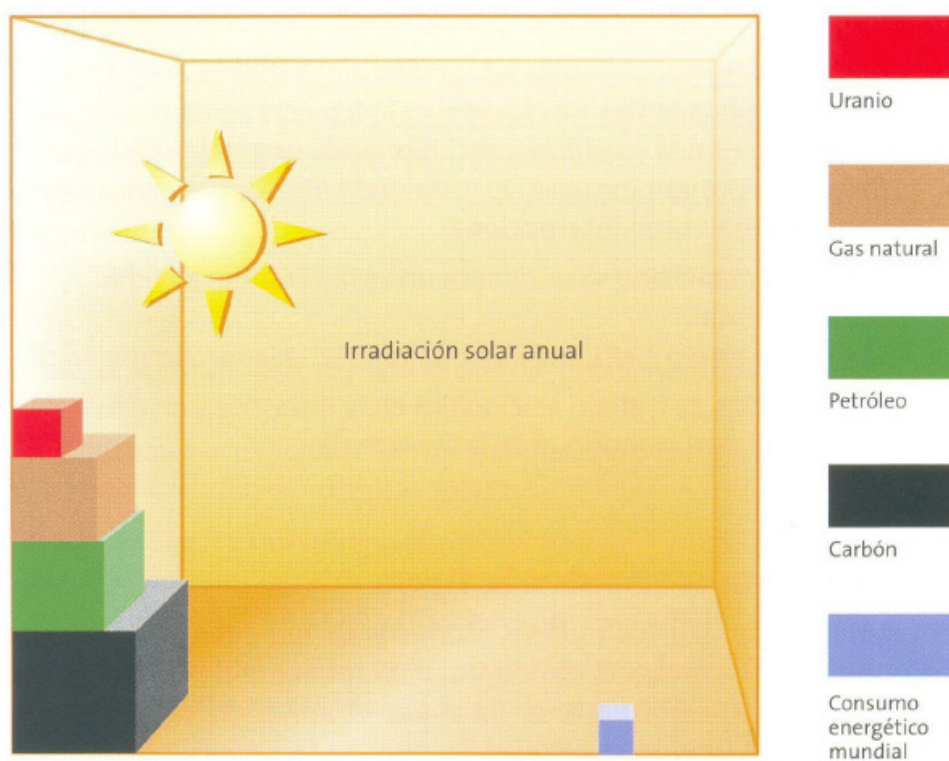


Gráfico 2.1 Irradiación solar anual y consumo energético mundial  
(Fuente: Solarpraxis)

### 2.2.2 LA RADIACIÓN SOLAR

Sabiendo que la temperatura efectiva de la superficie del Sol es de 5900 K, la radiación del Sol se podría asemejar a la de un cuerpo negro ideal que se encontrara a 5900 K. Esta radiación está compuesta de diferentes longitudes de onda. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

La mayor parte de los fotones emitidos por el Sol tienen una longitud de onda comprendida entre  $0,3\ \mu\text{m}$  y  $3\ \mu\text{m}$ , aunque sólo las que van desde  $0,4\ \mu\text{m}$  a  $0,7\ \mu\text{m}$  son captadas por el ojo humano, esto es la luz visible.

No toda la radiación solar interceptada por la Tierra llega hasta la superficie, debido a que los gases contenidos en la atmósfera terrestre suponen un obstáculo al libre paso de la radiación. Las ondas ultravioletas más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono.

Además la radiación que llega sufre dispersiones y cambios de dirección como consecuencia de los choques con las moléculas de los gases de la atmósfera y del polvo en suspensión. Aunque esta radiación llega a la superficie terrestre, como ha cambiado tantas veces de dirección a medida que ha atravesado la atmósfera lo hace como si procediera de la bóveda celeste. Esta radiación es conocida como *radiación difusa*.

La radiación que llega directamente desde el disco solar a la superficie terrestre manteniendo una línea recta es la que se conoce como *radiación directa*.

También, se denomina *radiación de albedo*, a la que proviene de la reflexión de los cuerpos cercanos.

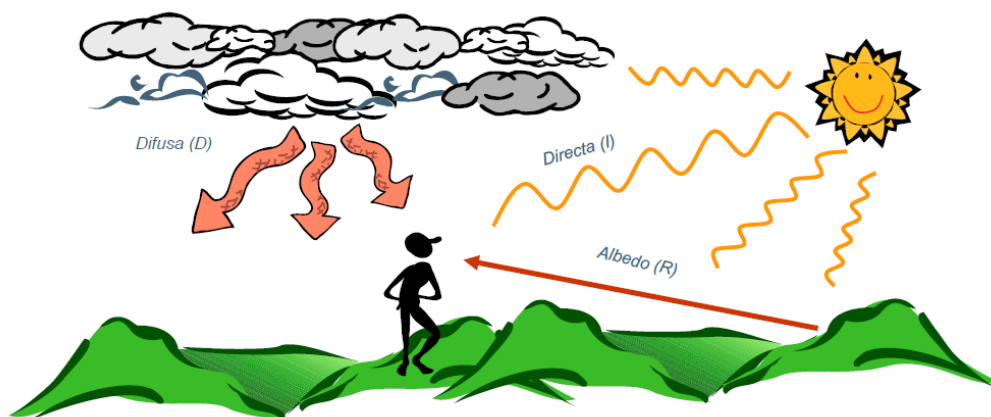


Ilustración 2.2 Radiación Directa, Difusa y de Albedo  
(Fuente: Solarpraxis)

La suma de estos tres tipos de radiación es lo que se denomina radiación global.

En cuanto a la distribución energética hay que tener en cuenta que casi un 40% de la radiación que alcanza la superficie lo hace no en forma de luz visible sino como radiación infrarroja.

Para obtener un nivel de energía la radiación suele referirse a un plano horizontal, en la siguiente ilustración vemos la energía por unidad de superficie para Europa:

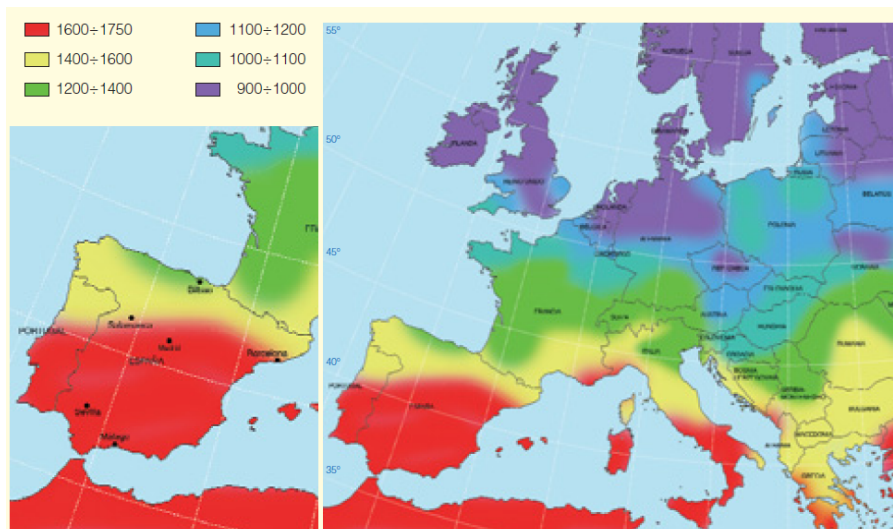


Ilustración 2.3 Energía solar en kWh/m<sup>2</sup> en Europa.  
(Fuente: Solarpraxis)

Censolar nos proporciona su Mapa Solar de España en el que nos podemos hacer una idea de las posibilidades de aprovechamiento de la radiación solar que llega a cada provincia. De los valores que se muestran: el superior corresponde a la energía en kWh/m<sup>2</sup> y el valor inferior nos indica las horas de sol anuales, es decir las horas al año en las que se obtiene esa energía

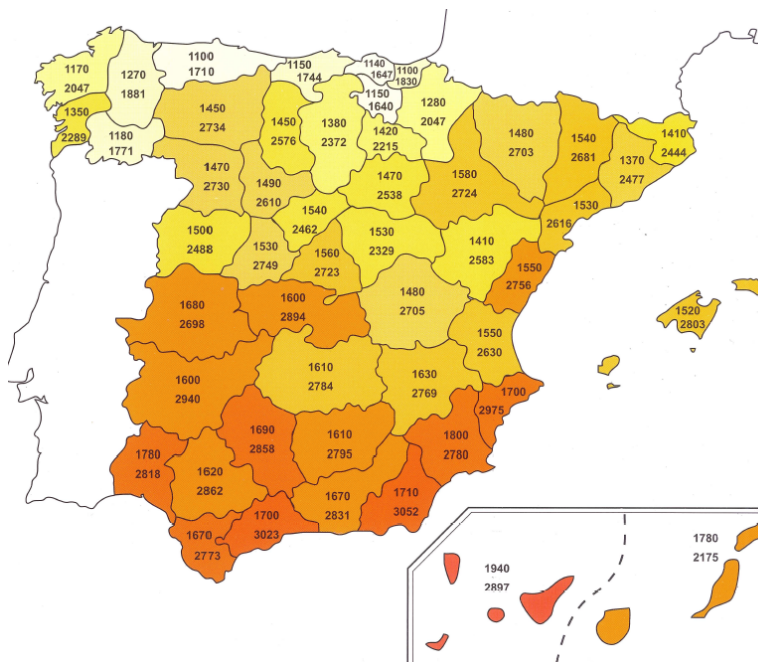


Ilustración 2.4 Mapa solar de España.  
(Fuente: Censolar)

### 2.2.3 CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE ENERGÍA SOLAR

La radiación solar varía en función del momento del día y de la latitud del lugar en el que se mida. Además dependerá también de la época del año, siendo menor en invierno y mayor en verano.

La energía solar térmica se puede clasificar entre la que es captada de forma directa, sin ningún tipo de transformación, y la que es captada de forma indirecta o mediante un sistema activo de captación.

Por tanto en función de la forma de captación de la radiación y la energía contenida en la misma, habrá que diferenciar entre sistemas activos y sistemas pasivos.

- Para la obtención de energía térmica los sistemas denominados activos tienen por finalidad transformar la radiación electromagnética del Sol en energía calorífica. Para ello se utilizan materiales que captan de forma selectiva la longitud de onda de la radiación que más calor proporciona – en el espectro la que va del infrarrojo al ultravioleta -. Este calor mediante los sistemas de conducción y transporte se almacena para su posterior consumo.
- Los sistemas pasivos, sin embargo, captan de forma directa la energía del Sol, sin ningún tipo de mecanismo ni transformación pasiva. Estos sistemas, también denominados de captación directa consisten en utilizar materiales y diseños adecuados que posibiliten la mayor ganancia energética, principalmente en los edificios. Estas técnicas se engloban en la conocida como arquitectura solar pasiva.

Los sistemas activos utilizan diferentes tipos de captadores solares en función de cuál es la temperatura de trabajo que se persigue.

Así:

- Para bajas temperaturas se usan captadores de caucho.
- Para temperaturas medias se usan captadores solares de placa plana.
- Para altas temperaturas se utilizan captadores de tubos de vacío y de concentración.

### 2.2.4 ESTADO ACTUAL Y SU MERCADO

La situación de la energía solar térmica de baja temperatura ha experimentado en España un impulso decisivo a través de la aprobación del Código Técnico de la Edificación con sus Documentos Básicos de Ahorro de Energía. Fundamentalmente con la contribución solar mínima obligatoria para agua caliente sanitaria HE4. Además, los ayuntamientos, por medio de las Ordenanzas Municipales de Captación Solar para Usos Térmicos vienen a completar y a aumentar en algunos casos las contribuciones que marca el Código Técnico de la Edificación.



Este impulso ha propiciado que desde el año 2006 – año de aprobación del Código Técnico de la Edificación- los metros cuadrados de superficie de captación solar térmica instalados en España hayan aumentado considerablemente hasta que por la crisis económica que estamos atravesando y el frenazo del sector de la construcción desde 2008 no ha aumentado sino que ha disminuido. Lo refleja muy bien el siguiente gráfico de ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation):

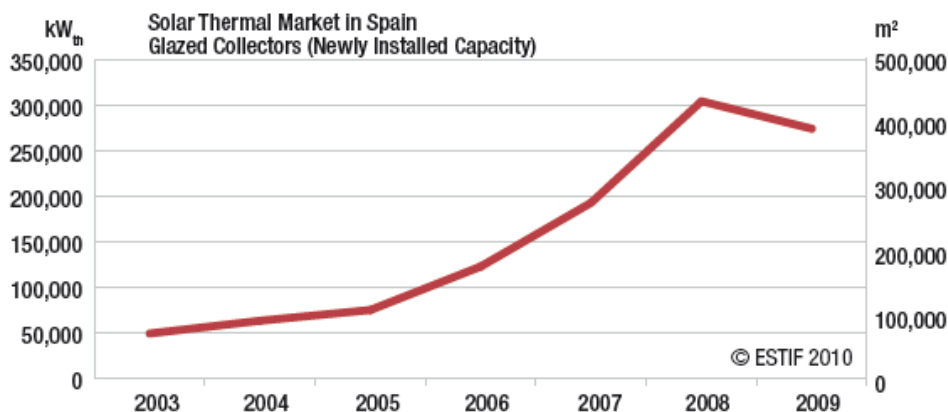


Figura 2.5 Metros cuadrados de captación solar instalados en España.  
(Fuente: ESTIF)

En España después de muchos años de un fuerte crecimiento de la capacidad de captación térmica instalada, algunos años con un crecimiento próximo al 50%, esta ha descendido en 2009 un 10% comparada con el año anterior. Además del efecto negativo que ha tenido el sector de la construcción se han visto reducidas también las subvenciones públicas de ayuda a las energías renovables.

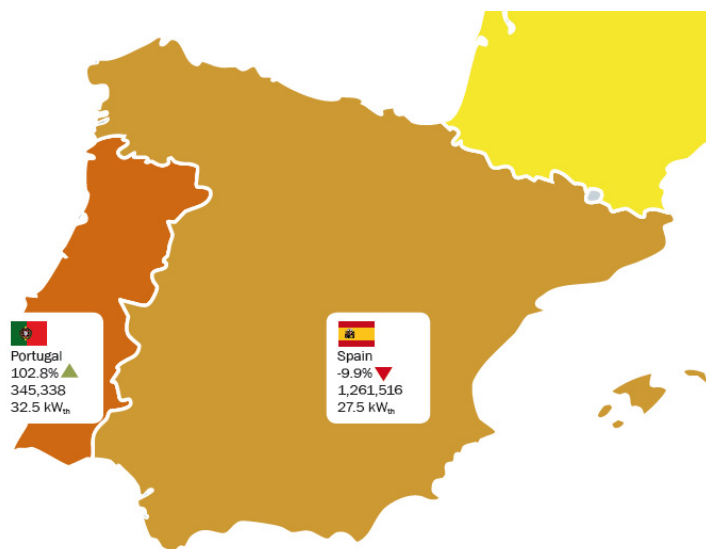


Figura 2.6 Detalle de España y Portugal.  
(Fuente: ESTIF)

El cuadro de diálogo de esta figura nos representa: el país seguido de la evolución de los metros cuadrados de superficie de captación instalados entre el año 2008 y 2009,

posteriormente la capacidad acumulada instalada y por último los kW térmicos per cápita. Se pueden observar las diferencias entre España y Portugal, dónde la radiación que nos llega del Sol es muy similar. Se entiende así que las políticas energéticas de los países son las que marcan las pautas para el desarrollo de las nuevas energías. Visto esto se entiende lo lejos que nos encontramos de las capacidades per cápita de países como Austria o Alemania.

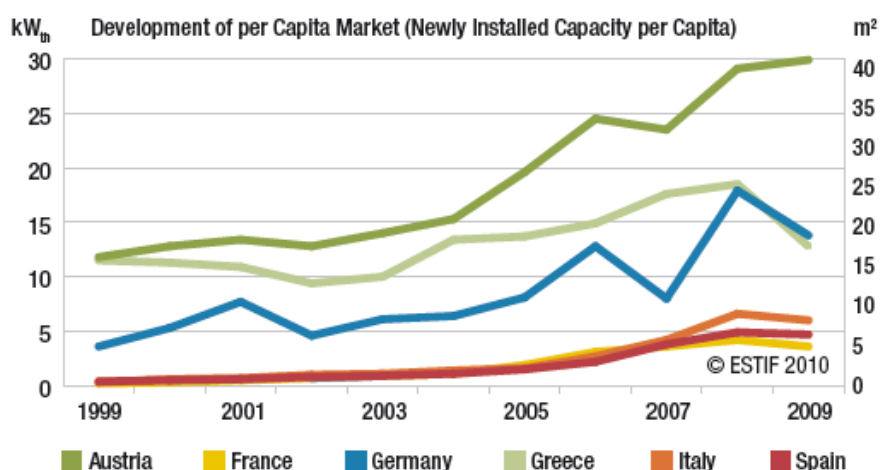


Figura 2.7 Comparativa de capacidades térmicas instaladas per cápita.  
(Fuente: ESTIF)

Aún así no nos encontramos muy lejos de la media de la Unión Europea:

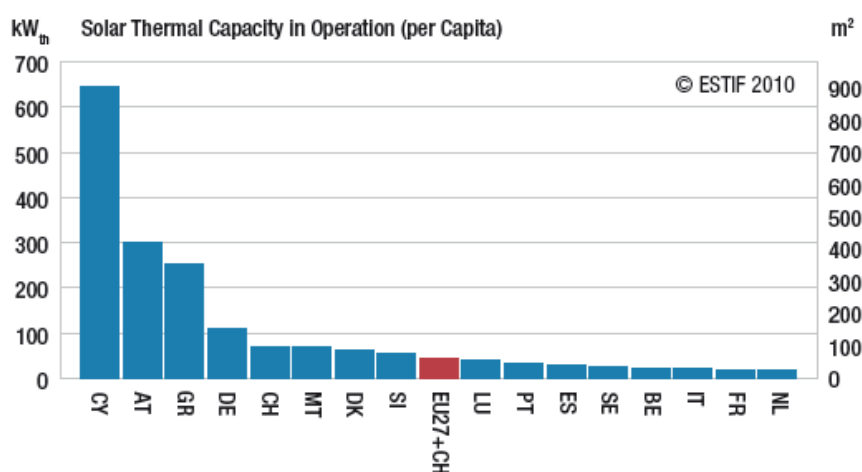


Figura 2.8 Capacidades térmicas instaladas per cápita en la UE.  
(Fuente: ESTIF)

### 3. OBJETIVOS DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN

#### OBJETIVOS:

El objetivo de este proyecto es el cálculo y diseño de los elementos de una instalación solar térmica de baja temperatura para el suministro del agua caliente sanitaria en un edificio de viviendas y un local comercial situado en la planta baja del edificio

Una vez descrito el edificio, con su ocupación y usos, se estudiará detalladamente la demanda energética de agua caliente sanitaria y qué parte de esta se puede satisfacer con el aporte de energía solar térmica.

Se calcularán las pérdidas de energía en el campo solar con los datos que nos suministra la curva del fabricante y se comparará con un modelo matemático de pérdidas basado en el método de las resistencias eléctricas.

Posteriormente se realizará un análisis del beneficio medioambiental que comporta el uso de soluciones de generación de energía distribuida y renovable, como es la energía solar térmica de baja temperatura.

Por último se estudiará la rentabilidad económica del proyecto, para lo cual se realizará una valoración de las instalaciones y se calculará el retorno de la inversión para determinar si son atractivas económicamente este tipo de soluciones.

#### JUSTIFICACIÓN:

El continuo crecimiento del consumo de energía mundial y el más que probable agotamiento de las fuentes energéticas tradicionales nos lleva a intentar cambiar el modelo energético actual. Este cambio, sin pérdida de bienestar para los usuarios, se basa en dos pilares fundamentales: la implementación de medidas que conlleven a aumentar la eficiencia energética en las instalaciones y la apuesta por las energías renovables.

La energía solar térmica de baja temperatura como energía renovable de generación distribuida está especialmente indicada para su instalación en edificios que se suelen encontrar en los centros urbanos de las ciudades dónde la contaminación es mayor y la reducción de emisiones es muy conveniente.

Las energías renovables están generando aparte del ahorro económico y medioambiental todo un sector profesional. En el cual se genera empleo de calidad y larga duración, empezando por los proyectistas, pasando por las empresas instaladoras y por último llegando a las empresas de mantenimiento que mantendrán la instalación durante la vida útil de ésta.

Por último, y no menos significativo, es que nos encontramos ante una de las herramientas con las que contamos para cumplir con los objetivos que nos marca el Protocolo de Kioto sobre gases de efecto invernadero.



## 4. LEGISLACIÓN VIGENTE

Para la realización de este proyecto se han tenido en cuenta el cumplimiento de las indicaciones y las especificaciones técnicas indicadas en las normativas vigentes, tanto locales como autonómicas y nacionales:

### **CTE- CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.**

El Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo (CTE) establece entre sus Documentos Básicos (DB) la limitación de la demanda energética en los edificios (DB HE). Así como, la contribución solar mínima para la obtención de ACS en los mismos, de acuerdo con el DB HE 4. Así mismo, establece la obligatoriedad de la adaptación de las Ordenanzas Solares de tipo municipal al CTE.

### **RITE- REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS**

Con la publicación del nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (R.I.T.E.), por *el Real Decreto 1027/2007, de 20 de Julio (B.O.E. 29-8-07)*, se actualiza el hasta ahora vigente Reglamento de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.), para adaptarlo a los avances tecnológicos y a la política de uso racional de la energía y protección del medioambiente, teniendo en consideración los objetivos energéticos y medioambientales de la Unión Europea.

### **ORDENAZA MUNICIPAL DE CAPTACIÓN SOLAR PARA USOS TÉRMICOS DE VALENCIA**

Ordenanza del Ayuntamiento de Valencia relativa a la captación de energía solar térmica para usos de A.C.S. que se debe cumplir en la ciudad.

### **DTIE 1.01 – PREPARACIÓN DE AGUA CALIENTE PARA USOS SANITARIOS**

Documento técnico preparado por ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración) sobre los métodos de cálculo a seguir para proyectar instalaciones de preparación de agua caliente para usos sanitarios.

### **DTIE 8.03 – INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA.**

Documento técnico preparado por ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración) sobre los métodos de cálculo a seguir para proyectar instalaciones solares térmicas de preparación de agua caliente para usos sanitarios.

## 5. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio sobre el que se va a realizar el presente proyecto está destinado a vivienda. Consta de siete plantas habitables además de una planta ático también habitable, sumando en total 120 viviendas. Una planta baja con una parte para un local comercial y otra de usos comunes, y cuatro plantas por debajo del nivel del suelo destinadas a garajes. Se encuentra situado en la ciudad de Valencia.

En la siguiente imagen se puede ver una sección transversal del edificio, dónde se pueden apreciar las alturas y niveles de las plantas antes mencionadas:

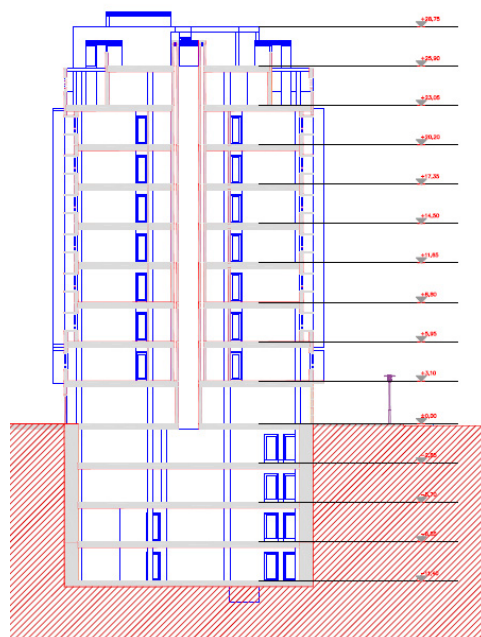


Figura 5.1 Corte en alzado del edificio  
(Fuente: Dto. Ingeniería Térmica UC3M)

Comenzando por la parte de abajo del edificio nos encontramos con:

- 4 Plantas de garajes. Situadas por debajo del nivel del suelo y con una capacidad para albergar 130 coches de los inquilinos de las viviendas.

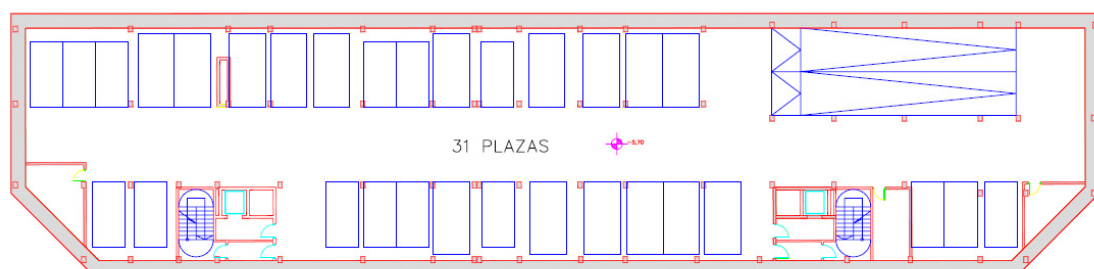


Figura 5.2 Plano del garaje del edificio.  
(Fuente: Dto. Ingeniería Térmica UC3M)

- 1 Planta Baja. En la que se encuentran las zonas de usos comunes del edificio: portales, porches, escaleras, trasteros comunes, cuartos de instalaciones, el acceso al garaje y el local destinado a usos comerciales de 288 m<sup>2</sup>.

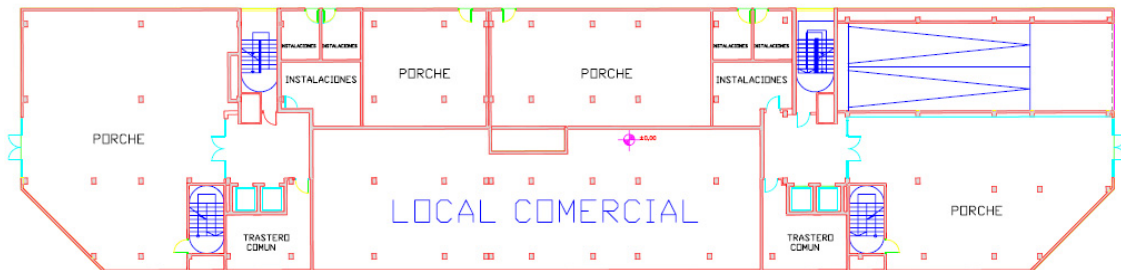


Figura 5.3 Planta baja del edificio  
(Fuente: Dto. Ingeniería Térmica UC3M)

- 7 Plantas Tipo. Destinadas a la vivienda de diferentes tamaños como se muestra a continuación:
  - 9 viviendas de 1 dormitorio.
  - 5 viviendas de 2 dormitorios.
  - 2 viviendas de 3 dormitorios.

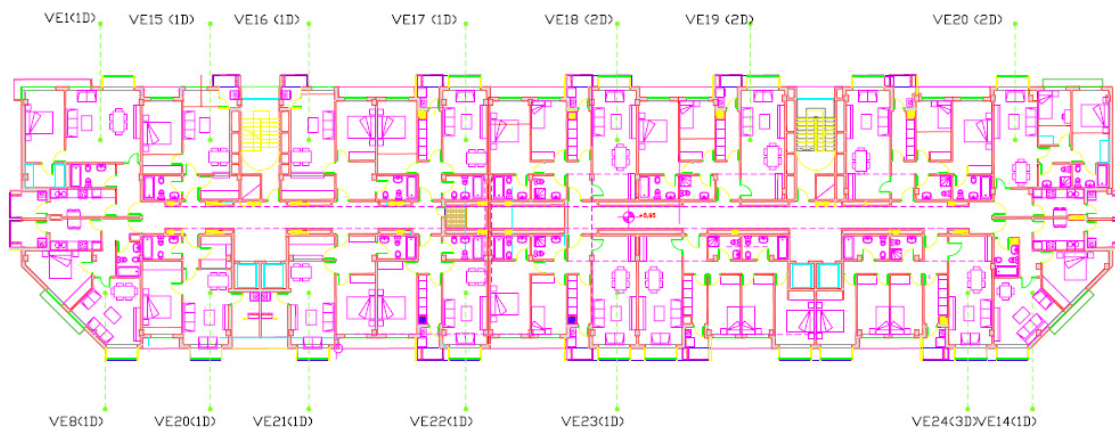


Figura 5.4 Planta tipo del edificio.  
(Fuente: Dto. Ingeniería Térmica UC3M)

- Plantas Ático. En la que se encuentran:
  - 8 viviendas de 1 dormitorio.

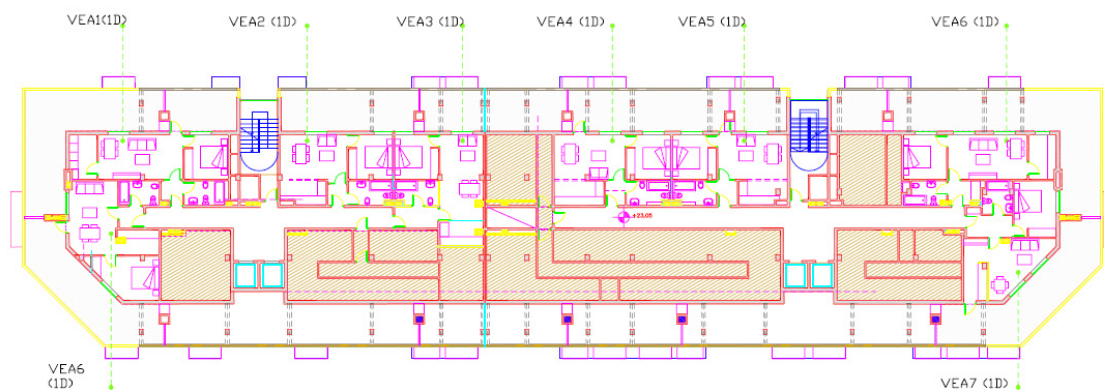


Figura 5.5 Planta ático del edificio  
(Fuente: Dto. Ingeniería Térmica UC3M)

- 1 Plantas Cubierta. En la que se deben instalar el campo solar de la instalación de agua caliente sanitaria del edificio, el espacio que la arquitectura del edificio y las sombras que pueda haber nos permitan.

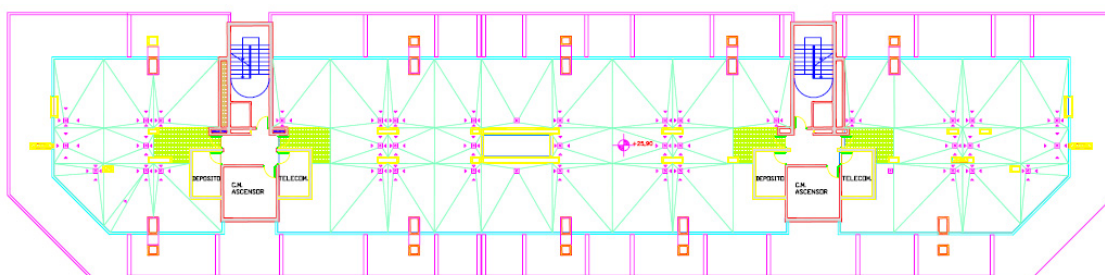


Figura 5.6 Planta cubierta del edificio  
(Fuente: Dto. Ingeniería Térmica UC3M)

## 6. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE A.C.S. EN EL EDIFICIO

La metodología para el cálculo de la demanda energética de agua caliente sanitaria la tomamos de la Ordenanza Municipal de Captación Solar para usos Térmicos de Valencia que en sus artículos: 7. Parámetros básicos, 9. Parámetros específicos de consumo en viviendas y 10. Parámetros específicos en otros usos, nos da las pautas y datos que inicialmente necesitamos.

La demanda resultante será la suma del consumo que se tenga en las 120 viviendas y del que se tenga en el local comercial.

$$D_{ACS} = D_{ACS \text{ VIVIENDAS}} + D_{ACS \text{ LOCAL}}$$

Del Artículo 7. Obtenemos la demanda unitaria -para vivienda- de agua caliente sanitaria a la temperatura de referencia de 60°C es de 26 litros por persona y día. También obtenemos aquí el consumo por vivienda  $C_{VIV}$  de agua caliente sanitaria a la mencionada temperatura de referencia mediante la siguiente expresión:

$$C_{VIV} = D \cdot n$$

Siendo:

- $D$  La demanda de agua caliente a la temperatura de diseño (26 litros por persona y día)
- $n$  Número de personas por vivienda, de acuerdo con la tabla siguiente:

Tipo de vivienda	Número de personas
De un único espacio o 1 pieza de la vivienda	1.5 personas
Viviendas de 2 piezas	3 personas
Viviendas de 3 piezas	4 personas
Viviendas de 4 piezas	6 personas
Viviendas de 5 piezas	7 personas
Viviendas de 6 piezas	8 personas
Viviendas de 7 piezas	9 personas
Viviendas de 8 o más piezas	Asumir como «hostal»

Figura 6.1  
(Fuente: Artículo 9. Ordenanza de Valencia)

Para conocer  $n$  tenemos:

7 Plantas Tipo y 1 Planta Ático con un total de:

63 viviendas de 1 pieza → 107 personas

35 viviendas de 2 piezas → 105 personas

14 viviendas de 3 piezas → 56 personas

Con los valores de la tabla tenemos que será:

Para calcular la demanda en el local de la planta baja del edificio, del que se desconoce en el momento de presentar el proyecto el uso que se le dará, la ordenanza determina una demanda unitaria de 12 litros por m<sup>2</sup> de superficie.

Podemos calcular ya la demanda total de A.C.S. del edificio:

$$D_{ACS} = 268 \text{ personas} \cdot 26 \frac{\text{litros ACS}}{\text{persona y día}} + 288 \text{ m}^2 \cdot 12 \frac{\text{litros de ACS}}{\text{m}^2 \text{ y día}}$$

Cuando el número de viviendas del edificio supera las 25, para el cálculo de la demanda de A.C.S. de las viviendas, la ordenanza nos indica aplicar un factor reducción de 0,7 a dicha demanda.

$$D_{ACS} = 4.877 \frac{\text{litros ACS}}{\text{día}} + 3.456 \frac{\text{litros de ACS}}{\text{día}}$$
$$D_{ACS} = 8.333 \frac{\text{litros de ACS}}{\text{día}}$$

El documento DTIE 1.01 PREPARACIÓN DE AGUA CALIENTE PARA USOS SANITARIOS, nos indica que existe una fluctuación en el consumo según la época del año en esta gráfica:

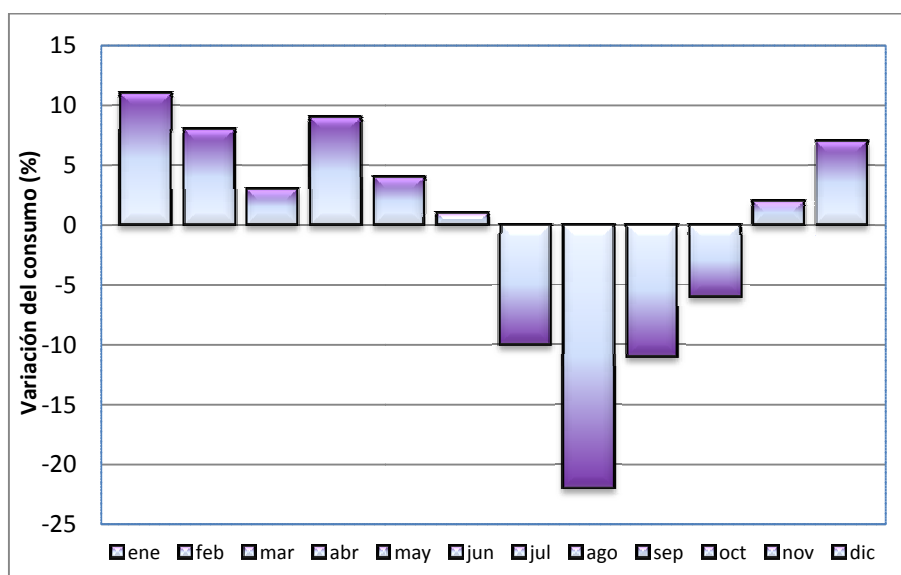


Tabla 6.1 Variación del consumo mensual de A.C.S.  
(Fuente: DTIE 1.01 PREPARACIÓN DE AGUA CALIENTE PARA USOS SANITARIOS)

Observamos como el consumo de agua caliente es mayor en invierno que en verano debido principalmente a que la temperatura a la que se demanda el agua en verano es menor además de que el agua de la red llega a mayor temperatura también en verano.

MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
$\Delta\%$	111	108	103	109	104	101	90	78	89	94	102	107

Tabla 6.2 Variación del consumo mensual de A.C.S.  
(Fuente: DTIE 1.01 PREPARACIÓN DE AGUA CALIENTE PARA USOS SANITARIOS)

En este punto se puede conocer el consumo mes a mes del edificio:

Para ello primero calcularemos el gasto másico:

$$\dot{m} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] = \frac{\dot{D}_{\text{ACS}} \left[ \frac{\text{litros}}{\text{día}} \right] \cdot \Delta[\%] \cdot \rho_{\text{agua}} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{litro}} \right]}{H_{\text{sol}} \left[ \frac{\text{h}}{\text{día}} \right] \cdot 3600 \left[ \frac{\text{s}}{\text{h}} \right]}$$

Demanda energética mensual:

$$Q_{\text{ACS}}[\text{W}] = \dot{m} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \cdot C_p \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right] \cdot (T_{\text{SUM}} - T_{\text{RED}})[\text{K}]$$

Mes	Demanda	$\Delta$ consumo	Horas de sol	$T_{\text{SUM}}$	$T_{\text{RED}}$	Gasto	Potencia
	[litros/día]	[%]	[h/día]	[°C]	[°C]	[Kg/s]	[kW]
ENERO	8.333	1,11	8	60	8	0,321	69,81
FEBRERO	8.333	1,08	9	60	9	0,278	59,22
MARZO	8.333	1,03	9	60	11	0,265	54,26
ABRIL	8.333	1,09	9,5	60	13	0,266	52,18
MAYO	8.333	1,04	9,5	60	14	0,253	48,73
JUNIO	8.333	1,01	9,5	60	15	0,246	46,29
JULIO	8.333	0,90	9,5	60	16	0,219	40,33
AGOSTO	8.333	0,78	9,5	60	15	0,190	35,75
SEPTIEMBRE	8.333	0,89	9	60	14	0,229	44,02
OCTUBRE	8.333	0,94	9	60	13	0,242	47,50
NOVIEMBRE	8.333	1,02	8	60	11	0,295	60,45
DICIEMBRE	8.333	1,07	7,5	60	8	0,330	71,78

Tabla 6.3 Tabla resumen de datos de la demanda del edificio.  
(Fuente: Elaboración propia)



## 7. DATOS METEOROLÓGICOS Y ENERGÉTICOS DE VALENCIA

Previamente a la realización de cualquier tipo de cálculo debemos conocer los datos meteorológicos de la ubicación de nuestro proyecto, dichos datos nos servirán como punto de partida para el cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria del edificio y para el cumplimiento de los requerimientos del Código Técnico de la Edificación que realizaremos más adelante.

La ciudad de Valencia y presenta los siguientes datos de localización física en el territorio español y la temperatura mínima histórica; están tomados del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del IDAE.

Altitud sobre el nivel del mar (m)	Latitud (°)	Longitud (°)	Tª mínima histórica (°C)
10	39,5	0,4 W	-8

Tabla 7.1 Localización física y temperatura mínima histórica  
(Fuente: CENSOLAR)

- La temperatura del ambiente durante las horas de sol:

MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	AÑO
T <sub>amb</sub> (°)	12	13	15	17	20	23	26	27	24	20	16	13	18,8

Tabla 7.2 Temperatura ambiente media durante las horas de sol  
(Fuente: CENSOLAR)

- La temperatura media del agua de la red general de usos:

MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	AÑO
T <sub>red</sub> (°)	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3

Tabla 7.3 Temperatura media del agua de la red general  
(Fuente: CENSOLAR)

- Para obtener datos precisos de la velocidad media del viento se ha acudido a datos medios de los diez últimos años tomados en el aeropuerto de Manises (Valencia ciudad), facilitados por la página web de [www.meteored.org](http://www.meteored.org). Se ha tomado este histórico de diez años para eliminar, en la medida de lo posible, la desviación que tenía el último año (2009) ya que había sido especialmente ventoso.



MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	AÑO
<b>v (m/s)</b>	2,91	2,75	3,04	3,45	2,83	2,89	3,03	2,88	2,77	2,78	3,01	3,16	2,96

Tabla 7.4 Velocidad media del viento  
(Fuente: [www.meteored.org](http://www.meteored.org))

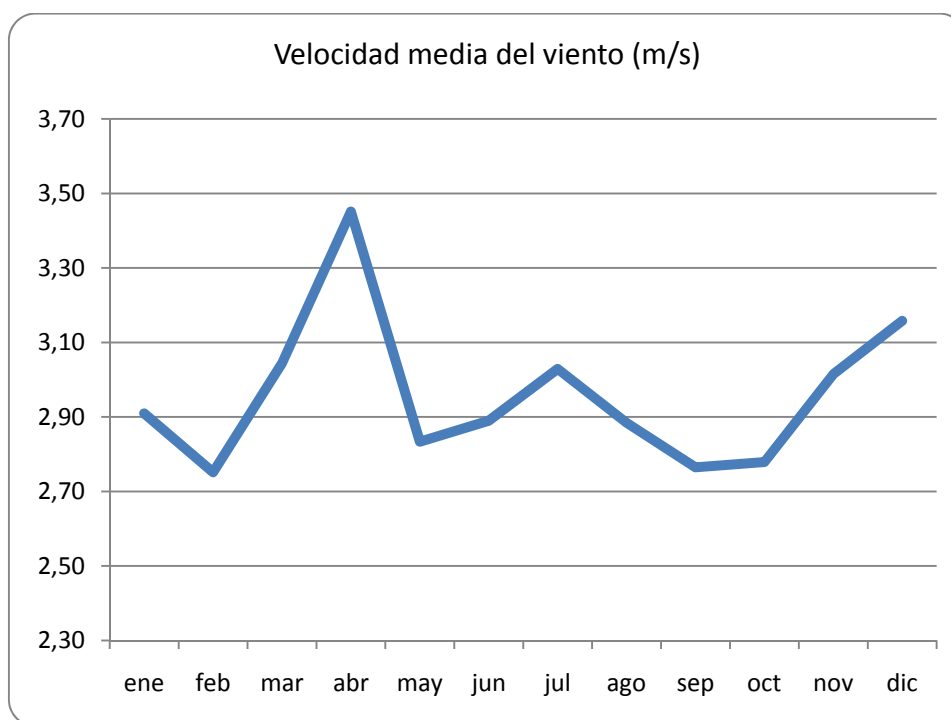


Figura 7.5 Velocidad media del viento  
(Fuente: [www.meteored.org](http://www.meteored.org))

Representando gráficamente la velocidad media del viento mes a mes observamos que la ciudad de Valencia presenta un viento bastante estable a lo largo del año en torno a los 3 m/s, teniendo un periodo más ventoso entre los meses de marzo y abril.

- El número medio de Horas de sol útiles para captadores situados en el hemisferio norte, orientados aproximadamente al ecuador y con un ángulo de inclinación igual a la latitud es la que se muestra en la tabla.

MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<b>Hsol</b>	8	9	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7,5

Tabla 7.6 Horas de sol útiles  
(Fuente: Departamento de Ingeniería Térmica UC3M)

- Para conocer la energía proveniente de la radiación solar en la ciudad de Valencia, acudimos nuevamente a los datos que nos proporciona el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del IDAE. La irradiación  $H$ , es la

cantidad total de energía radiante que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes.

MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	AÑO
H (MJ/m <sup>2</sup> )	7,6	10,6	14,9	18,1	20,6	22,8	23,8	20,7	16,7	12	8,7	6,6	15,3

Tabla 7.7 Energía que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio  
(Fuente: CENSOLAR)

- La intensidad radiante  $I$ , también llamada Irradiancia, es la energía incidente sobre plano horizontal por unidad de tiempo y superficie.

MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	AÑO
I (W/m <sup>2</sup> )	248	308	433	497	565	626	655	568	484	349	284	230	437,3

Tabla 7.8 Intensidad media útil sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio  
(Fuente: CENSOLAR)

En estos valores ya se ha tenido en cuenta el período útil del día en cuanto a la posibilidad de aprovechamiento de la energía solar, es decir, se ha deducido la energía incidente en los primeros y últimos momentos del día, en los que la oblicuidad de los rayos es muy grande y no se aprovecha dicha energía.

Trasladados a un gráfico de barras, quedan:

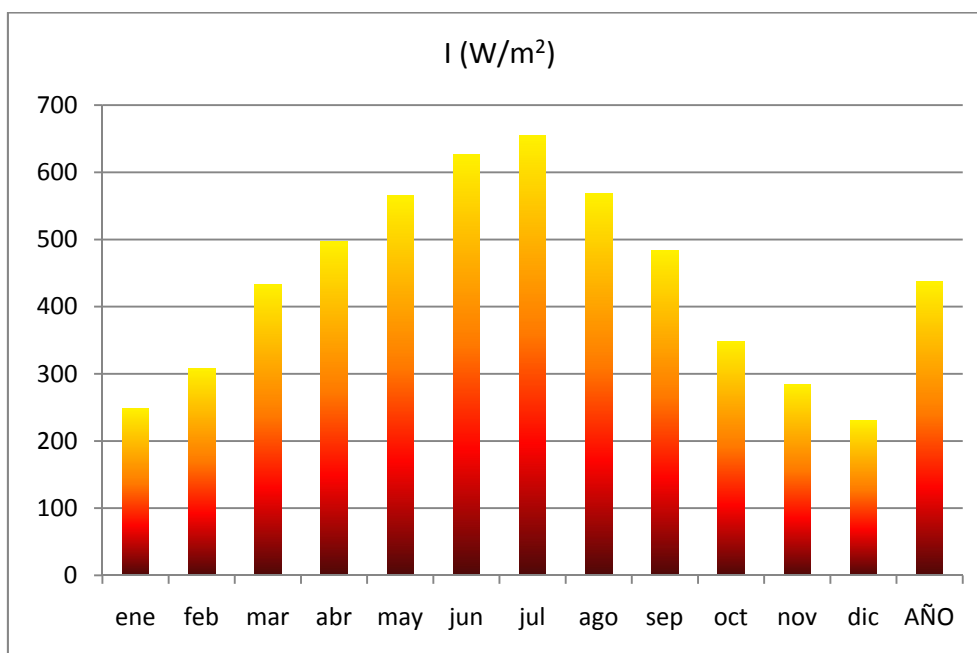


Tabla 7.9 Intensidad media útil sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio  
(Fuente: CENSOLAR)

## 8. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR

### 8.1 DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y RADIACIÓN SOLAR

El edificio se encuentra ubicado físicamente, como ya se sabe, en la ciudad de Valencia. El campo de colectores se instalará sobre la cubierta del edificio. Esta al ser prácticamente plana nos obliga a instalar una estructura que coloque los captadores con un ángulo de inclinación que nos sea favorable. Es decir, una inclinación que nos haga recibir la radiación lo más perpendicular posible y que la aprovechemos mejor en los meses más fríos en detrimento de los más cálidos, ya que además de disponer de más energía sabemos que la demanda de agua caliente sanitaria es menor en estos meses.

En las instalaciones de energía solar para aprovechamiento de agua caliente sanitaria es una práctica común que el ángulo de inclinación de los colectores solares coincida con el valor de la latitud del lugar del emplazamiento de la instalación. En nuestro caso el ángulo de inclinación ( $\beta$ ) elegido es de  $45^\circ$ , ya que los soportes que tiene el fabricante que hemos elegido tienen ésta como inclinación más próxima a  $39,5^\circ$  latitud de Valencia.

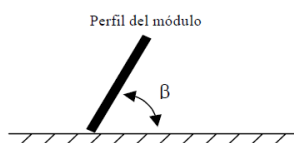


Figura 8.1 Ángulo de inclinación del colector solar.

(Fuente: CENSOLAR)

Por el hecho de inclinar los colectores la radiación ya no va a coincidir con la que habíamos obtenido en el plano horizontal. Así que para conocer la radiación que llega a la superficie inclinada aplicamos a la que llega a la superficie horizontal un coeficiente de corrección  $k$  para un ángulo de inclinación de  $45^\circ$  y la latitud de la ciudad de Valencia  $39,5^\circ$ . Como las tablas no nos dan el valor exacto de la latitud de Valencia, interpolamos:

Latitud	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
$39^\circ$	1,38	1,27	1,14	1	0,9	0,87	0,9	1,01	1,18	1,37	1,5	1,48
$39,5^\circ$	1,39	1,28	1,145	1,005	0,905	0,875	0,91	1,02	1,19	1,38	1,51	1,49
$40^\circ$	1,4	1,29	1,15	1,01	0,91	0,88	0,92	1,03	1,2	1,39	1,52	1,5

Tabla 8.2 Coeficiente de corrección  $k$  por inclinación.

(Fuente: CENSOLAR)

Multiplicando la radiación sobre el plano horizontal por el coeficiente de corrección  $k$  que hemos obtenido nos da como resultado la radiación sobre el plano inclinado un ángulo  $\beta=45^\circ$  en la latitud  $39,5^\circ$ .

MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	AÑO
$I_T$ (W/m <sup>2</sup> )	345	394	496	499	511	548	596	579	576	482	429	343	483

Tabla 8.3 Radiación sobre el plano inclinado

(Fuente: Elaboración propia)

Si representamos en un gráfico de barras la radiación, obtenemos:

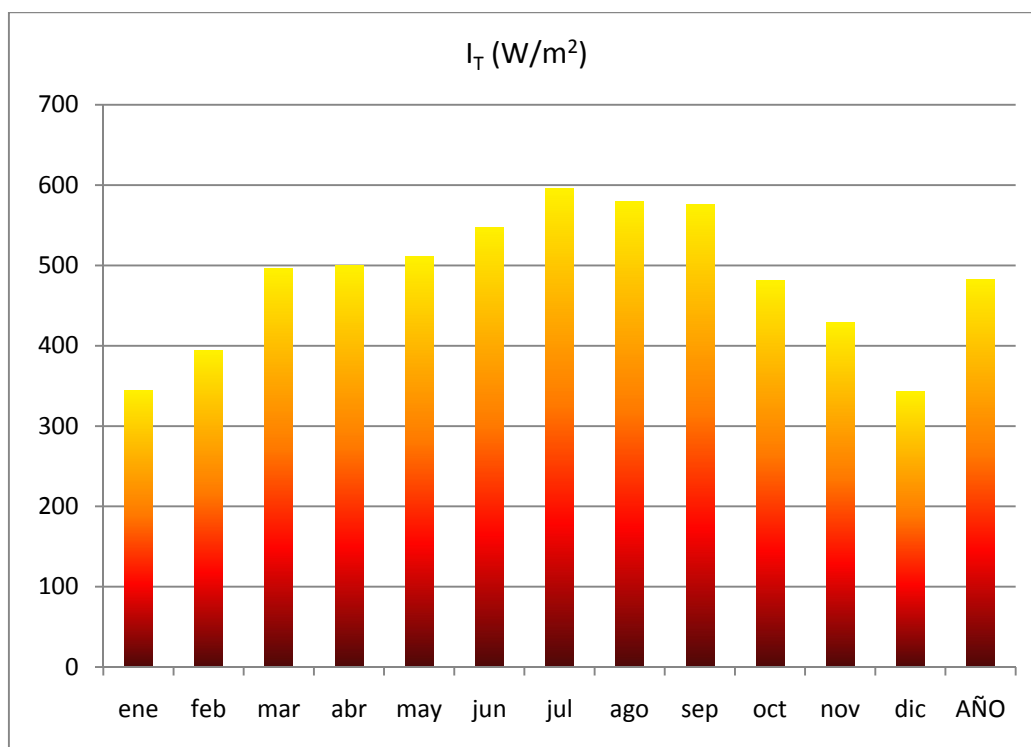


Diagrama 8.4 Representación de la radiación

(Fuente: Elaboración propia)

Comparando con la radiación que se obtenía para la superficie horizontal, hemos pasado de una media anual de  $437,3 \text{ W/m}^2$  a  $483 \text{ W/m}^2$  por el efecto de la inclinación.

## 8.2 LÍMITE DE PÉRDIDAS DEL CTE

En un sistema de captación solar las pérdidas más importantes se dan en los colectores, estas pérdidas se ocasionan al no producir la instalación solar toda la energía que podría producir en situaciones óptimas.

Los elementos que mayor influencia pueden tener sobre las pérdidas de captación son:

- La existencia de elementos que arrojen sombra sobre los colectores (Pérdidas por sombreado)
- y un tipo de instalación que impida la correcta insolación de los colectores solares (Pérdidas por orientación e inclinación)

Existen otros, como el polvo acumulado sobre la superficie de los captadores, el nivel de polución atmosférica, rayado del vidrio exterior de los colectores por efecto de las partículas en suspensión, etc., pero éstos tienen una influencia mucho menor y en gran medida son inevitables y muy difíciles de medir.

Según nos dice el CTE en el documento básico de ahorro de energía HE4 las pérdidas no podrán superar los valores de la tabla:

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla 8.5 Límites de pérdidas del CTE  
(Fuente: CTE)

Nuestro edificio se encuentra dentro del caso general, ya que la instalación solar ni sustituye a los elementos constructivos convencionales – caso de integración arquitectónica- ni está colocada paralela a la envolvente del edificio – caso de superposición-.

Así las pérdidas serán:

- Por Sombreado:

El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con en diagrama de trayectorias del sol.

El gráfico del documento básico de ahorro de energía HE4 utilizado para el cálculo de pérdidas por sombreado muestra una proyección de las trayectorias del sol a lo largo del año en la semiesfera celeste sur, desde un azimut de  $-120^\circ$  hasta  $+120^\circ$  para un punto situado en la Península Ibérica. (Cuánto más cerca nos encontremos del

ecuador, más vertical incidirá el sol, por lo que la figura se desplazará hacia arriba, hacia los 90° de elevación).

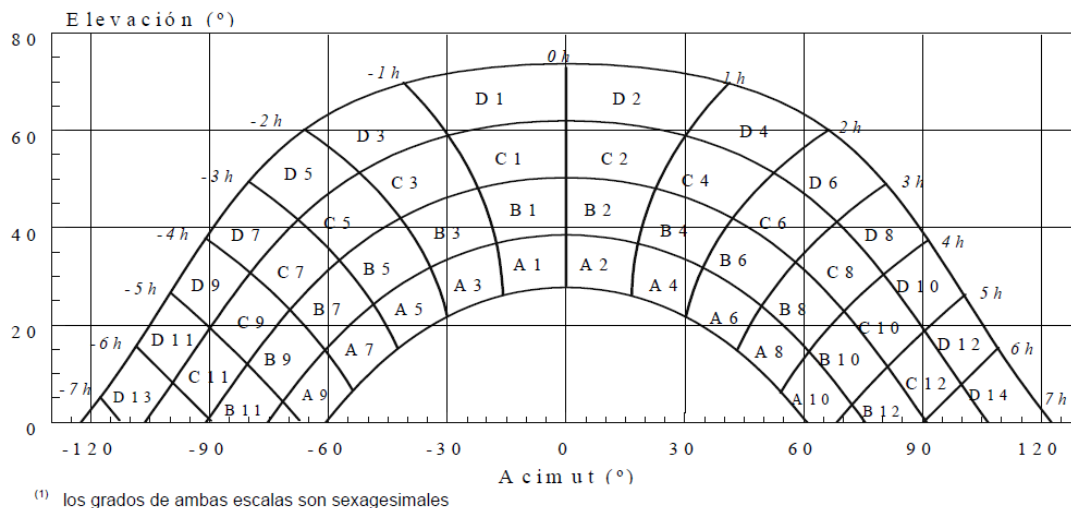


Figura 8.6 Proyección de las trayectorias solares.  
(Fuente: CTE)

A continuación se muestra un detalle de cómo se obtienen las proyecciones de las trayectorias del sol a lo largo del año:

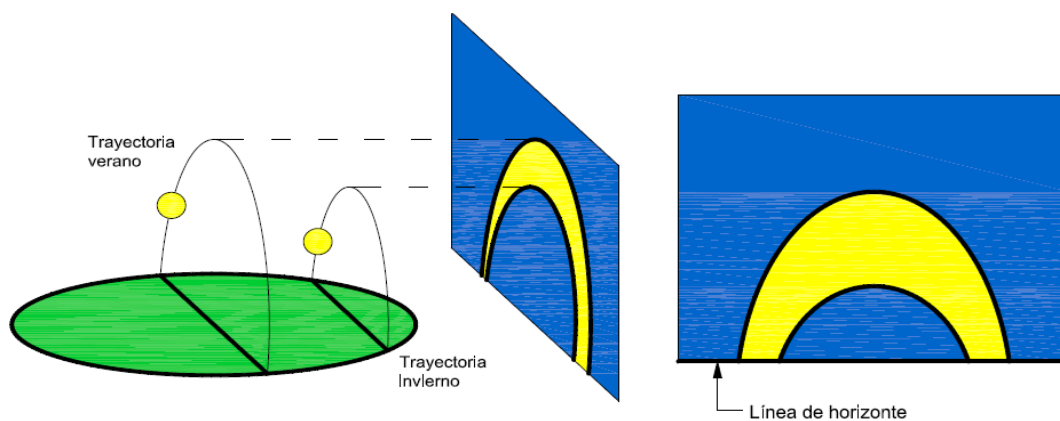


Ilustración 8.7 Obtención de las trayectorias solares.  
(Fuente: Caleffi Solar)

La metodología del cálculo de las pérdidas es la siguiente:

- Se mide la elevación y el acimut desde el obstáculo al centro de los colectores.
- Se trasladan esas figuras sobre el gráfico 3.4 de CTE DB HE 4.
- Se suman las contribuciones de aquellas posiciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de los obstáculos representado, obteniendo

el porcentaje de pérdidas por sombras para cada posición afectada de las tablas incluidas en el DB HE 4.

En el siguiente gráfico podemos apreciar las trayectorias solares para Valencia del software Censol 5.0 de la empresa CENSOLAR.

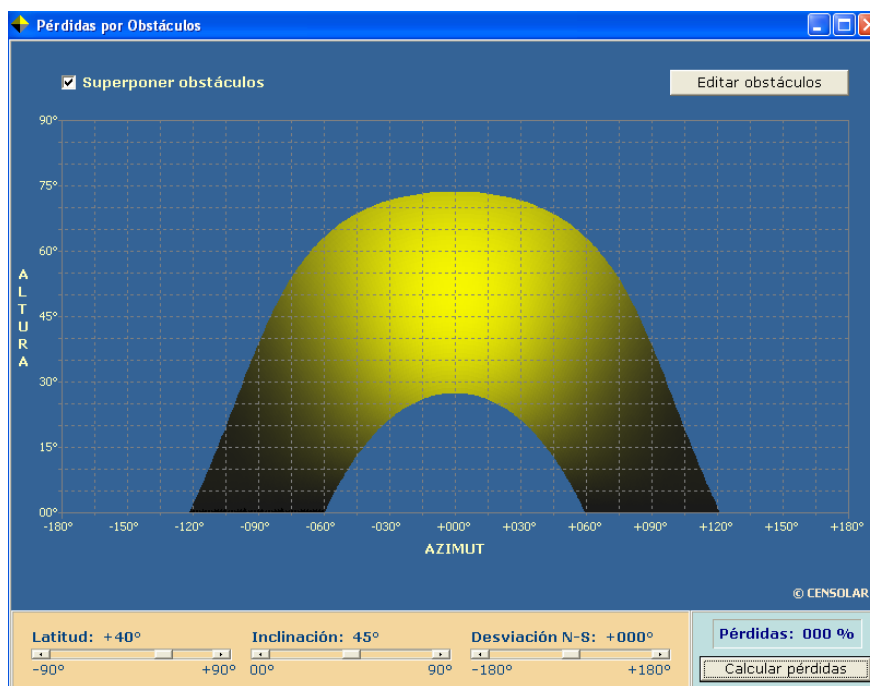


Figura 8.8 Proyección de las trayectorias solares a lo largo de un año para Valencia.  
(Fuente: Censol 5.0)

No existen pérdidas por sombras en nuestro edificio ya que no hay ningún elemento arquitectónico en la cubierta, ni edificios próximos ó elementos naturales (árboles) que produzcan sombras sobre el campo de captación.

- Por Orientación e Inclinación:
  - Orientación: por encontrarse el edificio en el hemisferio norte los colectores solares se deben orientar hacia el Sur ya que permite el máximo aprovechamiento solar. Se considera la orientación óptima el Sur.

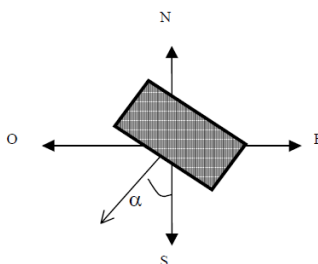


Figura 8.9 Definición del ángulo de orientación  
(Fuente: CTE)

Definiendo el azimut ( $\alpha$ ), o ángulo acimutal, como el ángulo de giro del sol medido sobre el plano horizontal mediante la proyección del rayo sobre dicho plano y tomando como origen el Sur (si nos encontramos en el hemisferio Norte).

La orientación de nuestro edificio es:  $\alpha = 0^\circ$ .

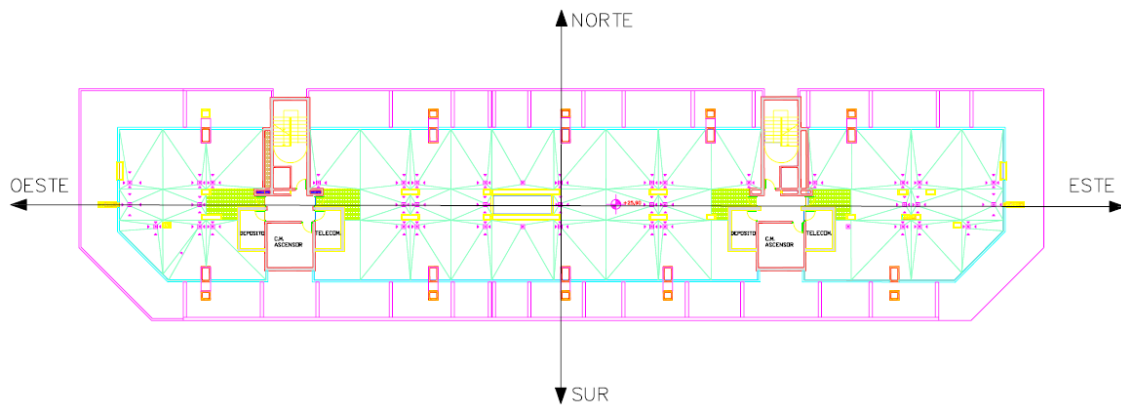


Figura 8.10 Orientación de nuestro edificio  
(Fuente: Elaboración propia)

- Inclinação: La inclinación óptima dependiendo del periodo de utilización es:
  - a) Demanda constante anual:  $\beta = \text{latitud geográfica}$ .
  - b) Demanda preferente en invierno:  $\beta = \text{latitud geográfica} + 10^\circ$ .
  - c) Demanda preferente en verano:  $\beta = \text{latitud geográfica} - 10^\circ$ .

Estos valores de inclinación, citados en el apartado 2.1 de la sección 4 del Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE tienen ante todo un carácter orientativo, ya que como se puede comprobar en la figura siguiente (válida para una latitud de  $41^\circ$ ), se tiene un 100% de energía respecto al máximo para un ángulo de inclinación ( $\beta$ ) de aproximadamente  $45^\circ$ .



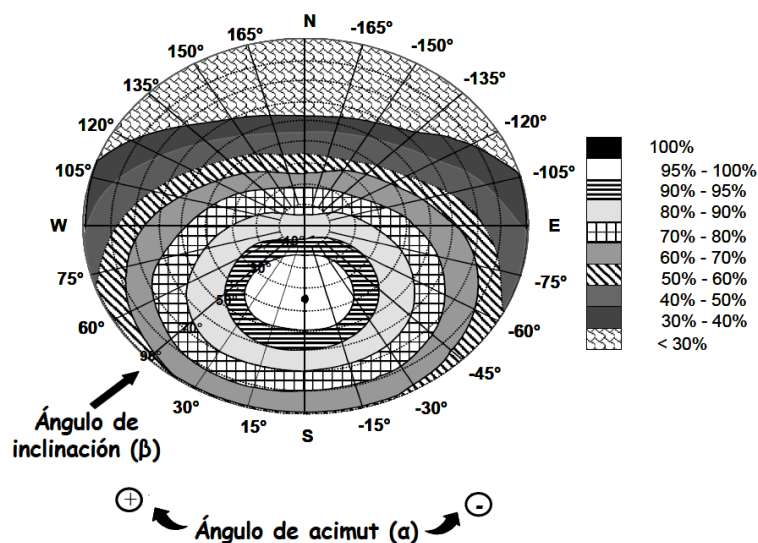


Figura 8.11 Diagrama para la obtención de la pérdidas para una latitud de 41°.  
(Fuente: CTE)

La inclinación elegida para los colectores de nuestro edificio, como ya se ha comentado anteriormente, es de  $\beta = 45^\circ$ .

Entramos en el gráfico por el ángulo de inclinación (punto 1) y buscamos la intersección con la recta del acimut (punto 2), con los que en este punto tenemos el porcentaje de energía obtenida respecto al máximo entre el 95 - 100%. Como la latitud de la ciudad de Valencia es de  $39,5^\circ$  y el gráfico está hecho para la latitud de  $41^\circ$ , es una buena aproximación a las pérdidas que vamos a tener.

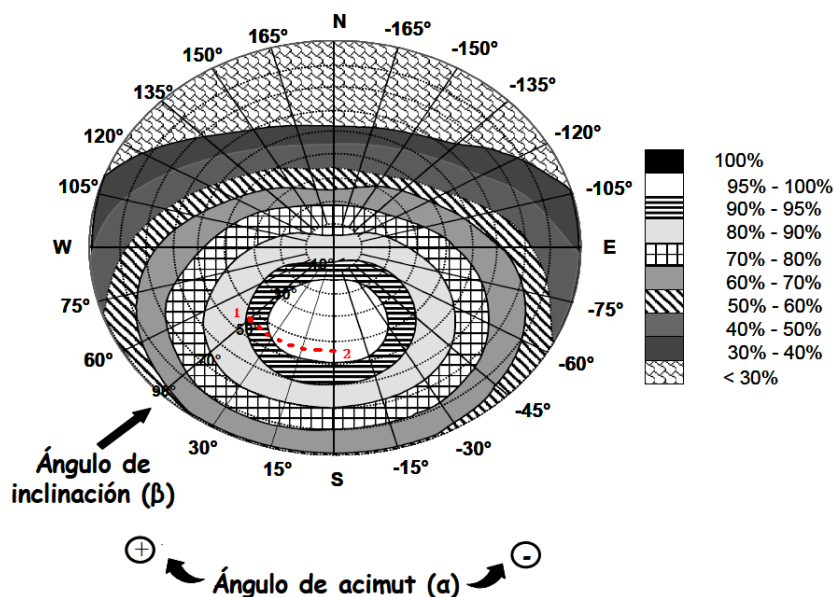


Figura 8.12 Diagrama para la obtención de la pérdidas para una latitud de 41° con datos de Valencia.  
(Fuente: Elaboración propia)

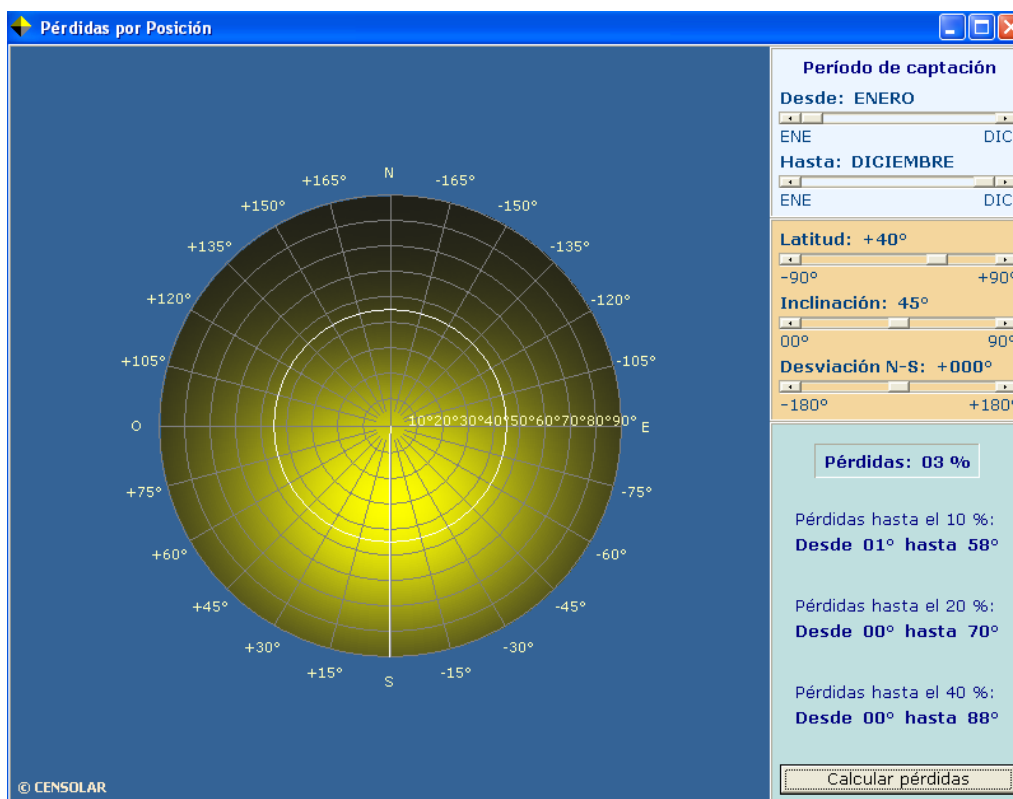


Figura 8.13 Pérdidas por posición a lo largo de un año para Valencia  
(Fuente: Censol 5.0)

El CTE ofrece también la posibilidad de un cálculo directo del valor de las pérdidas:

$$Pérdidas (100\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{OPT})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2] \quad 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$Pérdidas (100\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{OPT})^2] \quad \beta < 15^\circ$$

Una forma rápida de obtener en valor en tanto por ciento de la energía que se va a aprovechar por orientación e inclinación son los diagramas alternativos que se presentan a continuación, simplifican el método gráfico del CTE y existen para cada capital de provincia.

El eje horizontal del diagrama corresponde al valor absoluto de la orientación, con valores comprendidos entre 0° y 180°, a intervalos de 5°. Mientras que el eje vertical corresponde a la inclinación, con valores comprendidos entre 0° y 90°, a intervalos de 5°.

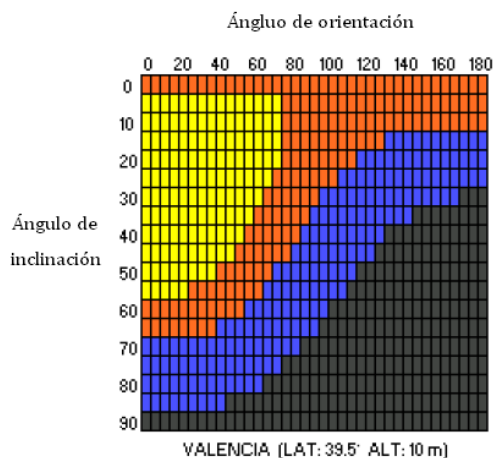


Diagrama 8.14 Pérdidas por inclinación y orientación.  
(Fuente: [www.facea.org](http://www.facea.org))

Cada casilla corresponde en el diagrama con una inclinación y una orientación determinadas, siendo su color una indicación del nivel de pérdidas tal y como se indica en la siguiente tabla:

Color	Pérdidas respecto al máximo de captación	Validez según IDAE y CTE			
		<i>Caso general</i>	<i>Superposición</i>	<i>Integración</i>	<i>Fuera de límite</i>
Amarillo	$\leq 10\%$	×	×	×	
Naranja	$> 10\% \text{ y } \leq 20\%$		×	×	
Azul	$> 20\% \text{ y } \leq 40\%$			×	
Gris	$> 40\%$				×

Tabla 8.15 Valor de las pérdidas según los colores del diagrama de pérdidas.  
(Fuente: [www.facea.org](http://www.facea.org))

### 8.3 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA CTE

Las zonas climáticas marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de exigencia de contribución solar mínima. Estas zonas han sido definidas teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre una superficie horizontal. Para Valencia tenemos:

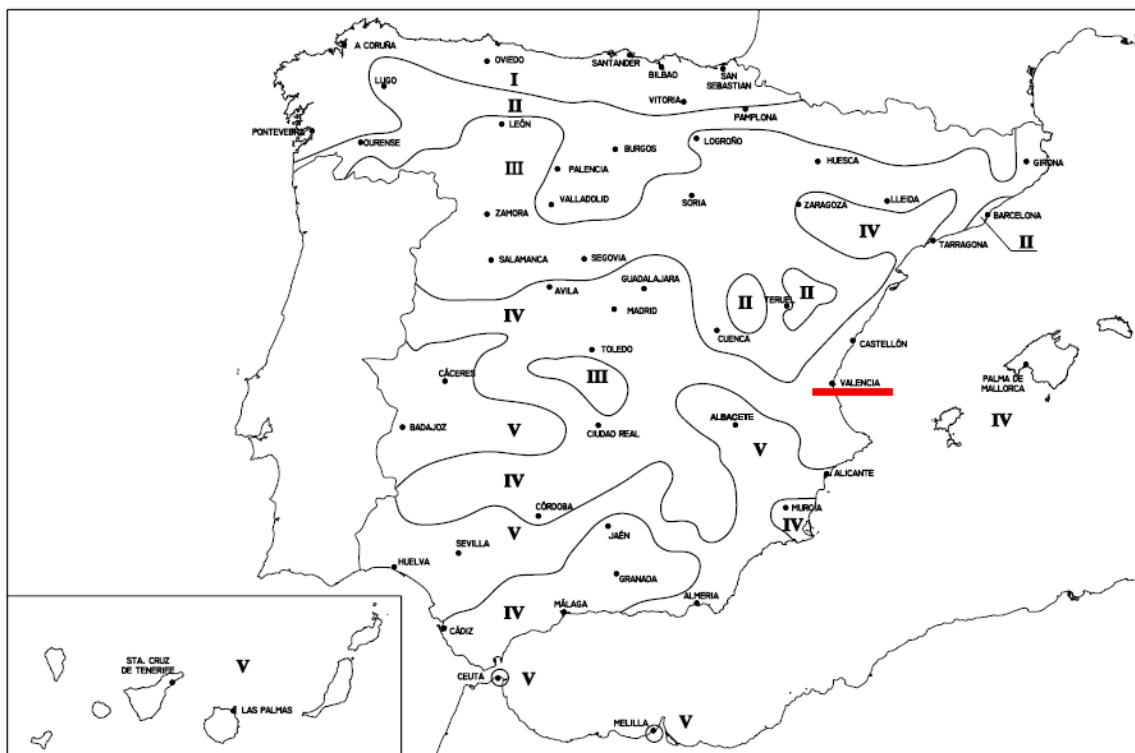


Figura 8.16 Zonas climáticas  
(Fuente: CTE)

VALENCIA	Alaquas	IV
	Aldaia	IV
	Algemesi	IV
	Alzira	IV
	Burjassot	IV
	Carcaixent	IV
	Catarroja	IV
	Cullera	IV
	Gandia	IV
	Manises	IV
	Mislata	IV
	Oliva	IV
	Ontinyent	IV
	Paterna	IV
	Quart de poblet	IV
	Sagunto	IV
	Sueca	IV
	Torrent	IV
	<u>Valencia</u>	<u>IV</u>
	Xativa	IV
	Xirivella	IV

Tabla 8.17 Zonas climáticas de los poblaciones más importantes de Valencia.  
(Fuente: CTE)

Según nos dice el CTE en el documento básico de ahorro de energía HE4 la contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales.

En la tabla siguiente se indica, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria a una temperatura de referencia de 60° -y en el caso general dónde la fuente energética de apoyo sea gasóleo, propano o gas natural-, la contribución solar mínima anual.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 8.18 Contribución solar mínima anual en función de la zona climática.  
(Fuente: CTE)

Para Valencia al encontrarse en la zona climática IV y con una demanda de 8.333 litros de ACS al día la contribución solar mínima anual será del 70% en el caso general.

## 9. EL SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR

Del conjunto de elementos que componen una instalación solar, el elemento más característico es el colector solar. El colector solar representa la “fuerza motriz” de la instalación. Él es el encargado de captar la radiación solar y convertir su energía en energía calorífica, transfiriéndosela a un fluido que se hace circular por él.

Todos los diseños de colectores tienen el objetivo común de convertir la radiación solar en calor con el mayor rendimiento posible.

Existen muchos tipos de colectores que fundamentalmente se dividen en: colectores con concentración y colectores sin concentración. Nuestro colector será sin concentración, el denominado colector solar de placa plana ya que nos otorga las prestaciones adecuadas para el máximo aprovechamiento de la energía solar térmica de baja temperatura. Este presenta un aspecto de rectángulo plano cuando se le observa desde cierta distancia.

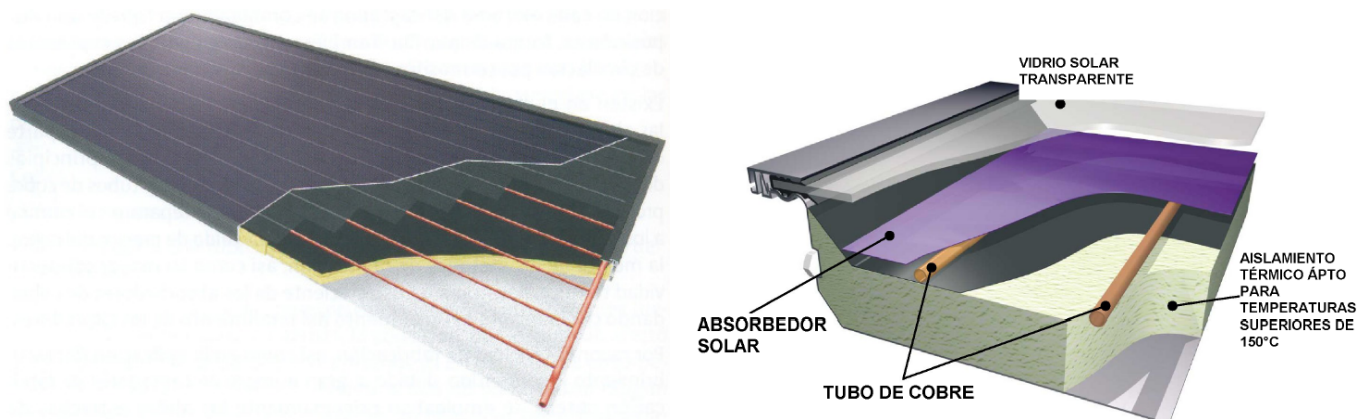


Figura 9.1 Partes de un colector solar.  
(Fuente: SONNENKRAFT)

En una primera descripción de las partes principales del colector solar podemos apreciar desde la parte superior: una cubierta de cristal, un absorbedor de calor con los tubos por los que circula el fluido caloportador, un material aislante y una caja envolvente.

- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO – EL EFECTO MINVERNADERO-

La radiación electromagnética procedente del sol al incidir en el colector solar puede ser total o parcialmente absorbida. También una parte puede ser reflejada y una tercera puede atravesar el vidrio.

La proporción en la que se produzcan estos efectos dependerá de la naturaleza de los materiales, del estado de la superficie, del espesor de estas, de la longitud de onda de la radiación y del ángulo de incidencia del rayo con respecto a la superficie.

La energía contenida en la parte de la radiación que es absorbida hace que el cuerpo se caliente y emita a su vez radiación, en una longitud de onda que dependerá de la temperatura a la que se encuentre.

Existen materiales que son transparentes electromagnéticamente, es decir que dejan pasar a su través la radiación electromagnética. Además algunos tienen la peculiaridad de ser transparentes sólo para ciertas zonas del espectro electromagnético mientras que resultan opacos para otras. El vidrio es transparente entre  $0,3 \mu\text{m}$  y  $3 \mu\text{m}$ , mostrándose opaco para una longitud de onda mayor.

La mayor parte del espectro de la radiación solar está comprendida entre  $0,3 \mu\text{m}$  y  $2,4 \mu\text{m}$ , por lo que la luz solar atraviesa el vidrio del colector sin problema.

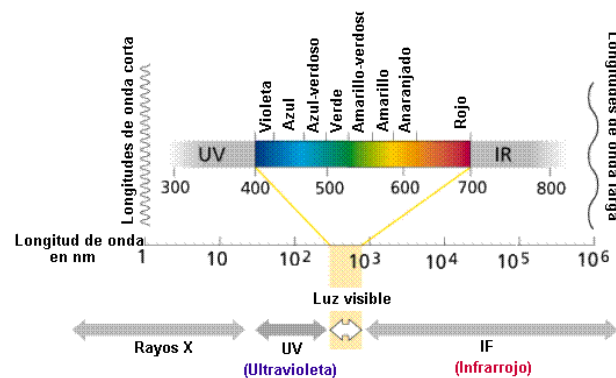


Figura 9.2 Espectro solar  
(Fuente: Solarpraxis)

Así, nuestro colector solar de placa plana tiene una cubierta de vidrio y a pocos centímetros de distancia se encuentra el absorbedor, una placa de material metálico en la que se llevará a cabo la conversión de la energía electromagnética en energía térmica aprovechable.

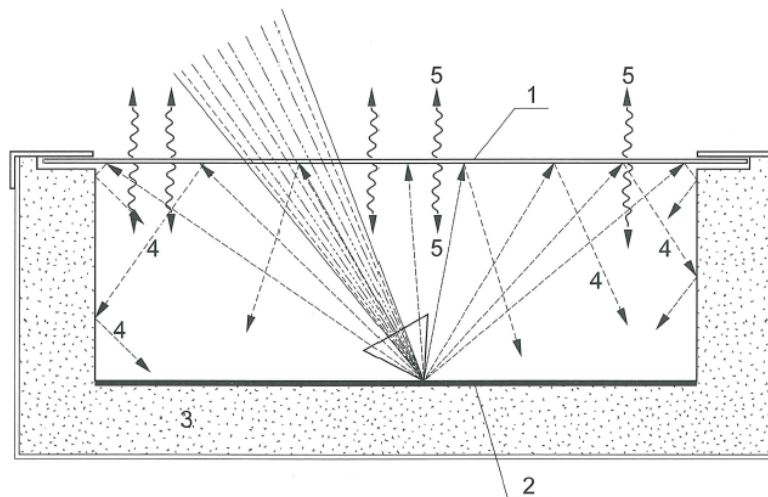


Figura 9.3 Efecto invernadero. 1) Vidrio. 2) Absorbedor. 3) Aislamiento. 4) Radiación reflejada. 5) Radiación emitida por el vidrio.  
(Fuente: CENSOLAR)

Después de atravesar el vidrio, la radiación solar llega al absorbedor, este se calienta y comienza a emitir radiación con una longitud de onda comprendida entre  $4,5 \mu\text{m}$  y  $7,2 \mu\text{m}$ , para la cual el vidrio es opaco. Con lo que la radiación emitida por el absorbedor llega a la cara inferior del vidrio dónde una parte es reflejada y la otra es absorbida por el vidrio.



Ahora es el vidrio el que se calienta y comienza también a emitir radiación, una parte hacia el exterior del colector solar y la otra hacia el interior, hacia el absorbedor. Contribuyendo así a calentar más la superficie del absorbedor, esto es lo que se conoce como el efecto invernadero.

- COMPONENTES DEL COLECTOR SOLAR

Como ya hemos visto, el colector solar de placa plana tiene cuatro componentes principales: la cubierta transparente de vidrio, el absorbedor, el material aislante y la carcasa exterior.

- La cubierta transparente:

Las principales cualidades que se le piden a la cubierta del colector solar son provocar el efecto invernadero y reducir las pérdidas por convección, mejorando así el rendimiento. Además de asegurar la estanqueidad del captador para evitar que entren en él agua o aire.

Los principales materiales empleados para las cubiertas son el vidrio y los plásticos transparentes. Estos materiales deben tener unas adecuadas propiedades ópticas, para favorecer el efecto invernadero así como unas buenas propiedades mecánicas que se deben mantener en el tiempo.

Además deben presentar una alta absorptividad así como una baja reflectividad de modo que la parte de la radiación incidente aprovechable sea mayor.

Se deben elegir vidrios recocidos o templados, ya que sus propiedades ópticas no se deterioran en dichos procesos, mientras que sus propiedades mecánicas mejoran notablemente.

En cuanto a la composición química se usan vidrios con un contenido bajo en sales de hierro ya que mejora el factor de transmisión energética.

Mecánicamente, los colectores están expuestos a las inclemencias meteorológicas y deben soportar las granizadas, las lluvias, el efecto del viento y las cargas por peso de la nieve. Otro factor importante es la resistencia a la rotura espontánea del vidrio como consecuencia de las contracciones internas debidas a las diferentes temperaturas en la superficie, por ejemplo en un colector cubierto parcialmente con nieve y con radiación solar.

- El absorbedor:

El absorbedor tiene la misión de recibir la radiación solar y transformarla en calor, cediéndosela al fluido caloportador para que pueda ser aprovechada.

Existen diferentes tipos de absorbedores, los más usuales son:

- Una placa metálica sobre la que están soldados o embutidos los tubos por los que circula el fluido caloportador, ya sean en tipo parrilla o en tipo serpentín.



- Tipo “Roll-Bond” son aquellos absorbedores de materiales como el cobre o el aluminio. El proceso de fabricación consiste en unir a gran presión dos láminas de metal habiendo previamente dibujado un circuito por el que circula el fluido caloportador. Posteriormente se insufla aire a presión que provoca la formación del circuito previamente dibujado. Este método se usa para fabricar los evaporadores de los frigoríficos.

Recubrimientos del absorbedor:

Es conveniente que la cara del absorbedor expuesta al sol tenga sobre su superficie un recubrimiento especialmente elegido para absorber bien los rayos solares. Lo que se busca y caracteriza a un buen absorbedor selectivo es una alta absorptividad en las longitudes cortas de onda de la radiación solar, y al mismo tiempo una baja emisividad en las longitudes de onda larga.

Normalmente se utilizan dos procedimientos: pinturas o superficies selectivas.

Las pinturas de color oscuro absorben muy bien la radiación solar (tienen un coeficiente de absorción del orden de 0,9), pero tienen un coeficiente de emisividad muy parecido al de absorción. O dicho de otro modo, las pérdidas por emisión de radiación son bastante elevadas; además crecen rápidamente con la temperatura.

Las superficies selectivas consiguen paliar los inconvenientes de las pinturas presentando un coeficiente de absorción muy alto y a su vez un coeficiente de emisión más bajo. Como no existen materiales simples que tengan estas propiedades, se consigue con la superposición de varias capas de materiales. Veamos algunos ejemplos:

-PVD (Deposición física en fase de vapor)

Un haz de electrones se dirige hacia un crisol que contiene el material de recubrimiento, hallándose el conjunto en el interior de una cámara de vacío que alberga la superficie que ha de revestir. El material se vaporiza y se deposita en la lámina de cobre, mientras que el oxígeno y el nitrógeno se introducen a baja presión en la cámara de vacío. Los absorbedores fabricados de este modo se ofrecen en el mercado bajo las marcas denominadas “Tinox” y “Ecoselect”.

En el caso del “Tinox”, un recubrimiento adicional de cuarzo sirve para ajustar el índice de refracción entre la chapa y el aire. La capa inferior, la cual se compone de titanio, oxígeno y nitrógeno, establece un buen contacto con el cobre. Este tipo de recubrimiento permite crear diferentes colores en la superficie del absorbedor, ajustando los espesores de las capas. De este modo es posible crear absorbedores con excelentes propiedades selectivas y diferentes colores que benefician la integración arquitectónica de los colectores solares.

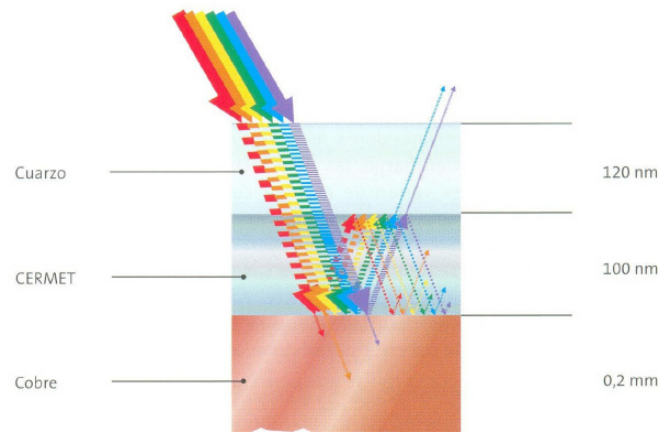


Figura 9.4 Radiación incidente y absorción sobre un recubrimiento selectivo tipo CERMET  
(Fuente: Sistemas solares térmicos. CENSOLAR)

#### -Bombardeo Catódico ("sputtering")

Este proceso se realiza en una cámara llena de argón. Para el bombardeo catódico en corriente continua se mantiene una diferencia de potencial elevada entre el ánodo y el material de recubrimiento, conectado como cátodo. Debido al campo eléctrico, los iones de argón se aceleran hacia el cátodo, donde se provoca el desplazamiento de átomos de la superficie, o sea, el cátodo se pulveriza (en inglés, "sputtering"). Los átomos arrancados del cátodo se depositan sobre la lámina de cobre. Los absorbedores que se fabrican con este proceso se pueden encontrar en el mercado bajo los nombres de "Sunselect" (fabricante: Interpane) y "Sunstrip" (fabricante: Teknotherm).

#### ○ El material aislante:

El colector solar debe estar protegido en su parte posterior y en los laterales contra las pérdidas térmicas por un aislamiento eficaz. Estos aislantes poseen algunas características especiales:

- Buen comportamiento con elevadas temperaturas sin deteriorarse.
- Bajo la acción de estas elevadas temperaturas no deben desprenderse vapores que puedan luego depositarse sobre la cubierta transparente.
- Baja degradación por envejecimiento.

Los materiales más frecuentemente empleados como aislantes térmicos en colectores solares son: Lana de vidrio, lana de roca, espuma de vidrio y corcho expandido.

#### ○ La carcasa exterior:

El material suele ser aluminio anodizado. La carcasa exterior presenta una misión doble: proteger y soportar los componentes del colector solar. Como debe cumplir con estas funciones durante la vida útil del producto la garantía de su duración se basa en los siguientes parámetros:

- La rigidez debe ser la suficiente como para aguantar el efecto vela de la acción del viento.
- Buena resistencia a la corrosión debida a los agentes de la intemperie.

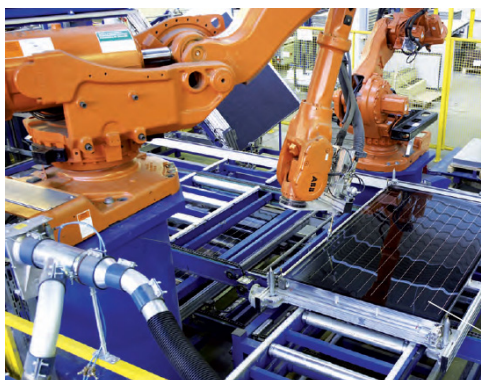
- Bajo la acción de las variaciones de la temperatura a lo largo del día y de las estaciones del año debe presentar una buena resistencia contra las dilataciones de manera que no provoquen pérdidas de estanqueidad, alabeo de la carcasa o separación de la capa posterior.
- Es preciso impedir que se produzcan condensaciones interiores de agua destilada ya que es muy corrosiva, para lo cual se debe facilitar su drenaje. Normalmente se utilizan dos técnicas: o bien captadores completamente estancos que eliminan los riesgos de condensación o bien captadores estancos al agua, pero no al aire, en los que la evacuación de condensaciones se producen por unos pequeños orificios taladrados en la parte baja de la carcasa.

Conviene explicar la diferencia entre las áreas que tienen un colector. Por un lado tenemos el área total que se refiere al área máxima del colector. Nos encontramos también con el área del absorbedor, la que tiene la placa absorbidora. Por último tenemos el área de apertura que es el área que permite la incidencia de la radiación solar. Nosotros tomaremos esta área de apertura como área de referencia para todos los cálculos energéticos del colector.



Figura 9.5 Áreas de un colector solar..  
(Fuente: CENSOLAR)

La fabricación de colectores es hoy en día, como hemos podido ver con los absorbedores, un procedimiento sofisticado y a tal efecto está altamente robotizado. Vemos un detalle en la siguiente fotografía de la producción de un colector solar:



Fotografía 9.6 Producción robotizada en serie de colectores solares.  
(Fuente: EurObserER 2010)

## 9.1 EL COLECTOR SOLAR ELEGIDO

El colector solar elegido para la instalación en nuestro edificio es del fabricante austriaco SONNENKRAFT, modelo SK 500 N. Mostramos las características principales:

CARACTERISTICA	UNIDAD	VALOR
<b>ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO</b>		
Presión de trabajo recomendada	bar	3
Presión máxima de trabajo	bar	10
Presión máxima de ensayo	bar	15
Temperatura de estancamiento	°C	217,8
Caudal recomendado	l/h por m <sup>2</sup>	15 - 40
Caudal mínimo	l/h por m <sup>2</sup>	12
Caudal máximo	l/h por m <sup>2</sup>	125
<b>CURVA DE RENDIMIENTO DEL CAPTADOR SEGÚN UNE-EN 12975-2</b>		
<b>Superficie de absorción 2,17 m<sup>2</sup></b>		
$\eta_{0A}$		0,806
Pérdidas de 1º orden	$a_{1A}$	3,68
Pérdidas de 2º orden	$a_{2A}$	0,0072
<b>Superficie de apertura 2,20 m<sup>2</sup></b>		
$\eta_0$		0,795
Pérdidas de 1º orden	$a_1$	3,63
Pérdidas de 2º orden	$a_2$	0,0071
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES</b>		
<b>Absorbedor</b>		
Material		Cobre
Tratamiento superficial		Sunselect
Construcción tipo		Parrilla
Grosor	mm	0,2
Dimensiones	mm	1955 x 1108
Absorción		0,95 ± 0,02
Grado de emisión térmica a 100 °C		0,05 ± 0,02
Nº de tubos o canales		12
Nº de tuberías en paralelo		6
Tramos de tuberías en serie		2
Material de las tuberías		Cobre
Dimensiones de tubos -canales-	mm	Ø 22 x 0,8
Dimensiones de tubos absorbedor	mm	Ø 8 x 0,5
Unión tubería absorbedor		Soldadura por ultrasonido
<b>Cubierta</b>		
Material		Vidrio solar transparente, endurecido y templado de bajo contenido en hierro
Nº de cristales		1
Transmitancia		0,908
Dimensiones	mm	2040 x 1200
Espesor	mm	3,2
<b>Construcción de la carcasa</b>		
Material del marco		Doble perfil de aluminio anodizado según la gama RAL 9007
Material de la parte posterior	mm	Cuba de aluminio embutida con espesor 0,8
Material de sellado		Junta de EPDM
Dimensiones	mm	2047 x 1205 x 90
<b>Aislamiento térmico de la parte posterior del captador solar</b>		
Material		Lana de roca libre de efectos de gasificación
Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	50
Grosor	mm	50
Conductividad térmica	W/mK	0,045

Tabla 9.7 Características técnicas del colector solar SK 500N de SONNENKRAFT.

(Fuente: SONNENKRAFT)

Nuestro colector presenta la curva de rendimiento que se muestra a continuación y de la que tomaremos los parámetros: rendimiento óptico de apertura y pérdidas de primer y segundo orden (también de apertura). Con estos datos realizaremos los cálculos de las pérdidas de rendimiento según el fabricante.

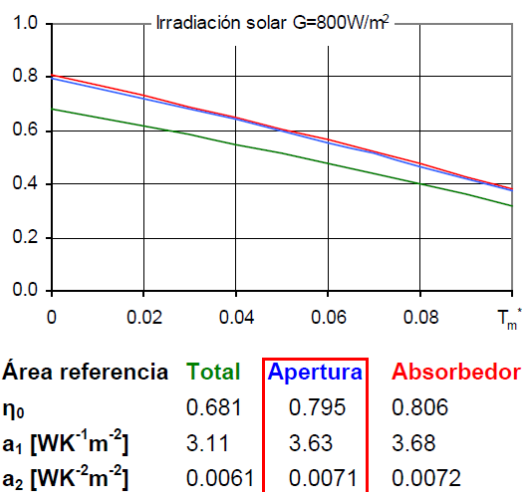


Tabla 9.8 Curva de rendimiento del colector Sonnenkraft SK500N  
(Fuente: Solartechnik Prüfung Forschung)

Ecuación de la curva característica de un colector solar de placa plana:

$$\eta_{CURVA} = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{\Delta T}{I_T} - a_2 \cdot \frac{\Delta T^2}{I_T}$$

Siendo:

- $\eta_0$  : Rendimiento óptico del captador solar [-]
- $a_1$  : Coeficiente de pérdidas de primer orden [ $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$ ]
- $\Delta T$  : Diferencia entre la temperatura de la placa y la del ambiente [K]
- $I_T$  : Irradiancia solar [ $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ ].
- $a_2$  : Coeficiente de pérdidas cuadrático [ $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^2}$ ]

A continuación, mostramos un detalle de la construcción del colector con los elementos principales que se describieron anteriormente y con otros componentes también necesarios como pueden ser las juntas para asegurar el aislamiento o los perfiles que dan rigidez a la carcasa.

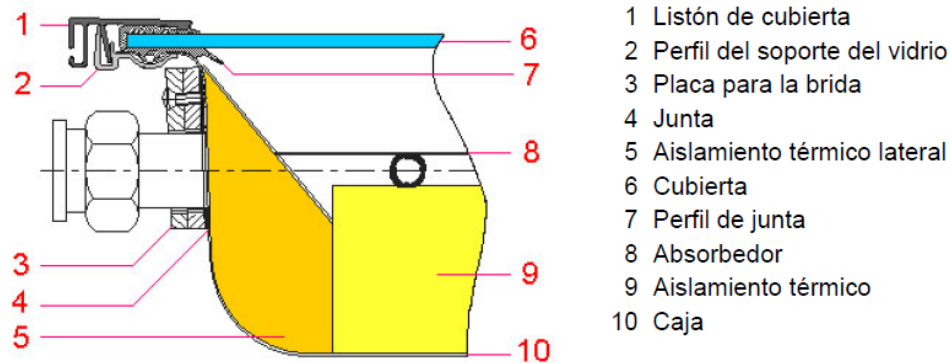


Figura 9.9 Detalle de construcción del colector Sonnenkraft SK500N  
(Fuente: Solartechnik Prüfung Forschung)

### 9.1.1 FLUIDO DE TRABAJO.

Los colectores solares se instalarán en la cubierta del edificio con lo que están expuestos en invierno a temperaturas bajo cero. Aunque en Valencia el clima es suave, si recordamos la temperatura mínima histórica estaba en  $-8^{\circ}\text{C}$ . Por lo cual el fluido de trabajo de los colectores o fluido caloportador debe ser una mezcla de agua y anticongelante, o bien un producto ya preparado que nos evite posibles errores en las proporciones de la mezcla.

Como fluido de trabajo hemos elegido el Tyfocor LS que es un fluido térmico especial no evaporable a base de glicol propilénico, especialmente indicado para los sistemas de energía solar.



Figura 9.10 Garrafa de 20 litros de TIFOCOR.  
(Fuente: Ibersolar)

Tyfocor LS no se debe mezclar con otros fluidos térmicos ni diluir con agua. Cualquier pérdida de fluido se debe compensar exclusivamente con Tyfocor LS.

Tyfocor LS se presenta en garrafas de 20 litros para facilitar su transporte hasta la cubierta del edificio, si es que se quiere introducir por el campo solar. Otra opción es introducirlo en el circuito primario desde la sala de máquinas mediante una estación de llenado, que básicamente es un equipo de bombeo con pequeño depósito de aspiración.



Figura 9.11 Estación de llenado  
(Fuente: Thermoline solar)

A continuación presentamos las propiedades termofísicas del Tyfocor® LS que se utilizarán para los cálculos:

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
$\rho_1$	1035	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
$C_{p1}$	3771	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
$\mu_1$	5,175	Pa·s
$k_1$	0,405	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$

Tabla 9.12 Propiedades del TYFOCOR  
(Fuente: [www.tyfo.de](http://www.tyfo.de))

### 9.1.2 CAUDAL DE TRABAJO.

El caudal de trabajo de un colector solar varía enormemente dependiendo fundamentalmente de la fabricación este y del tipo de conexión que hagamos entre colectores dentro del campo solar. Así, según sea su circuito interno, de parrilla o de serpentín el diámetro de los tubos variará y con ello la pérdida de carga. Por otro lado según se conecten los colectores en paralelo o en serie el flujo que deba pasar por ellos será también diferente. Para obtener un valor del caudal de trabajo hay que acudir a las especificaciones técnicas del fabricante. Además, nos facilitan el número máximo de captadores que podemos colocar en serie.

El fabricante SONNENKRAFT nos recomienda que el caudal que circula por el colector esté comprendido entre 15 y 40 l/h por m<sup>2</sup>. Como tiene una superficie de 2,2 m<sup>2</sup> nosotros elegimos:

$$m_{col} = 88 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$



## 9.2 ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DE A.C.S.

La instalación de agua caliente sanitaria del edificio se puede esquematizar como se ve en la figura 9.13. Existiendo un circuito primario cuyo fluido caloportador estará separado mediante un intercambiador de calor del circuito secundario. Este último será el circuito en el que se acumulará la energía calorífica captada en el campo solar en el tanque. Por último habrá también un circuito de consumo o terciario en el que haremos el aporte energético con una fuente de calor convencional al agua de consumo si fuera necesario.

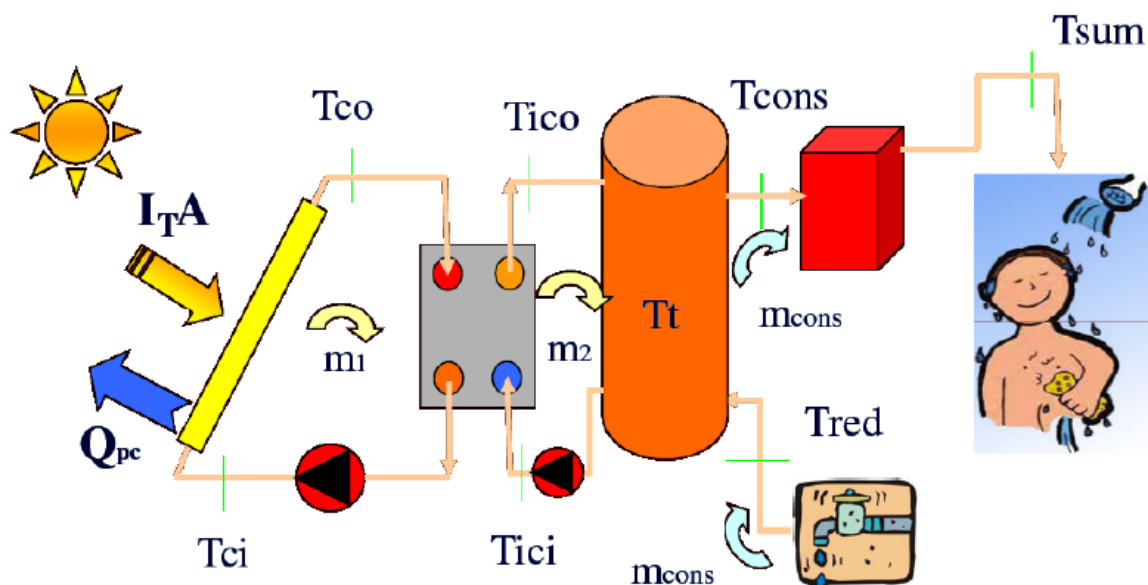


Figura 9.13 Esquema de una instalación de A.C.S.  
(Fuente: Departamento de Ingeniería Térmica UC3M)

Para conocer la fracción solar que dará nuestra instalación con este esquema y el colector solar que hemos elegido, nos encontramos con las siguientes incógnitas:

- $T_{ci}$ : Temperatura de entrada a los colectores
- $T_{co}$ : Temperatura de salida de los colectores
- $T_{ici}$ : Temperatura de entrada del intercambiador de calor
- $T_{ico}$ : Temperatura de salida del intercambiador de calor
- $T_{cons}$ : Temperatura del A.C.S a la salida del tanque.
- $T_t$ : Temperatura del tanque de acumulación
- $A_T$ : Área total del campo de colectores

Las 7 ecuaciones necesarias para resolver éstas incógnitas las obtendremos realizando:



### BALANCE DE ENERGÍA EN LOS COLECTORES SOLARES:

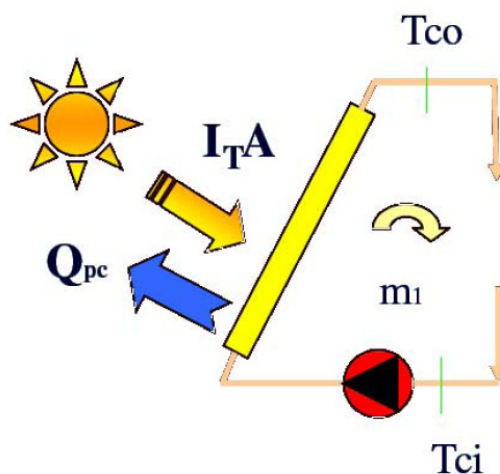


Figura 9.14 Esquema del balance energético en un colector solar térmico.  
(Fuente: Departamento de Ingeniería Térmica UC3M)

Realizando este balance de energía a los colectores solares, tendremos que la variación de la energía será igual a la energía incidente que llega por parte de la radiación solar (nótese que se aplica el rendimiento óptico, por lo que el término se refiere a la energía útil que llega de la radiación solar) restando tanto la energía que se pierde como la que se lleva el fluido caloportador, la que se aprovecha.

$$\frac{dEc}{dt} = I_T \cdot A_T \cdot \eta_0 - \dot{Q}_{PC} - \dot{m}_1 \cdot c_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci})$$

Como este balance se realiza para un volumen de control en estado estacionario el término temporal pasa a ser cero, tendremos así la primera ecuación de nuestro sistema.

$$0 = I_T \cdot A_T \cdot \eta_0 - \dot{Q}_{PC} - \dot{m}_1 \cdot c_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci}) \quad \text{Ecuación [9.1]}$$

Siendo:

- $I_T$  : Irradiancia solar  $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ . Calculada en el Capítulo 8.
- $A_T$  : Área total del campo de colectores  $[m^2]$
- $\eta_0$  : Rendimiento óptico del captador solar  $[-]$
- $\dot{Q}_{PC}$  : Pérdidas del captador  $[W]$
- $\dot{m}_1$  : Gasto másico del circuito primario  $\left[\frac{kg}{s}\right]$
- $c_{p1}$  : Calor específico a presión constante del fluido caloportador  $\left[\frac{J}{kg \cdot K}\right]$
- $T_{co}$  : Temperatura de salida de los colectores  $[K]$
- $T_{ci}$  : Temperatura de entrada a los colectores  $[K]$

### **BALANCE DE ENERGÍA EN EL INTERCAMBIADOR DE CALOR:**

El intercambiador de calor tiene los flujos simétricos, por lo que el gasto másico del primario y el gasto másico del secundario han de ser iguales:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

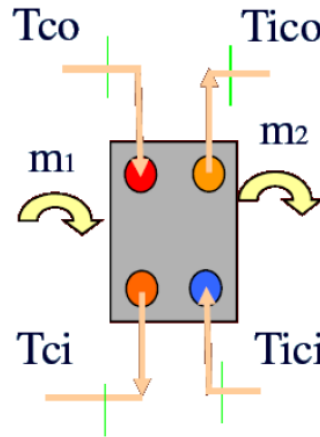


Figura 9.15 Esquema del balance energético en intercambiador de calor.  
(Fuente: Departamento de Ingeniería Térmica UC3m)

Al igual que en el colector solar, aquí también se supone el estado estacionario con lo que el balance de energía será:

$$\dot{m}_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{co} - T_{ci}) = \dot{m}_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici}) \quad \text{Ecuación [9.2]}$$

Siendo:

- $\dot{m}_1$  : Gasto másico del circuito primario  $\left[\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right]$
- $Cp_1$  : Calor específico a presión constante del fluido caloportador  $\left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right]$
- $T_{co}$  : Temperatura de salida de los colectores [K]
- $T_{ci}$  : Temperatura de entrada a los colectores [K]
- $\dot{m}_2$  : Gasto másico del circuito secundario  $\left[\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right]$
- $Cp_2$  : Calor específico a presión constante del agua  $\left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right]$
- $T_{ico}$  : Temperatura de salida del intercambiador de calor [K]
- $T_{ici}$  : Temperatura de entrada del intercambiador de calor [K]

### **EFICIENCIA EN EL INTERCAMBIADOR DE CALOR:**

La eficiencia del intercambiador mide la transferencia de calor del intercambiador real de nuestra instalación frente a un intercambiador ideal en el que las temperaturas de los dos fluidos entre los que se realiza el intercambio térmico terminarían igualándose. Un valor típico de eficiencia del intercambiador es 0,7. El hecho de que la eficiencia sea menor que la unidad no quiere decir (a diferencia del rendimiento) que existan pérdidas de energía, sino que al no darse la transferencia térmica de forma óptima la energía que no se transfiere se queda en el circuito primario.

La ecuación que define esta eficiencia es:

$$\varepsilon_{IC} = \frac{\dot{m}_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici})}{C_{min} \cdot (T_{co} - T_{ci})} \quad \text{Ecuación [9.3]}$$

Siendo:

- $\varepsilon_{IC}$  : Eficiencia del intercambiador de calor[-]
- $C_{min}$  : El valor mínimo del producto entre  $\dot{m}_1 \cdot C_{p1}$  y  $\dot{m}_2 \cdot C_{p2}$

### **CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA ANUAL:**

La contribución solar es la fracción entre la energía solar aportada y demanda energética anual, obtenidas a partir de los valores mensuales. Como ya hemos visto, el Código Técnico de la Edificación marca para cada zona climática un mínimo para la fracción solar anual.

Nuestro edificio con la demanda energética anual y la zona climática IV tenía una fracción mínima anual del 70%.

La temperatura de suministro también viene marcada por el Código Técnico de la Edificación en 60°C, fundamentalmente para evitar los problemas derivados de la bacteria de la Legionella.

De esta manera la fracción solar mínima se puede expresar como:

$$f = \frac{m_{cons} \cdot C_{pcons} \cdot (T_{cons} - T_{red})}{m_{cons} \cdot C_{pcons} \cdot (T_{sum} - T_{red})}$$

Simplificando tenemos la cuarta ecuación:

$$f = \frac{(T_{cons} - T_{red})}{(T_{sum} - T_{red})} \quad \text{Ecuación [9.4]}$$

Siendo:

- $f$  : Fracción solar mínima anual[-]
- $T_{cons}$ : Temperatura del A.C.S a la salida del tanque.[K]
- $T_{sum}$ : Temperatura de suministro del A.C.S.[K]
- $T_{red}$ : Temperatura del agua en la red pública de abastecimiento [K]

### **BALANCE DE ENERGÍA EN EL TANQUE DE ACUMULACIÓN:**

Si consideramos el tanque como un volumen de control que opera de manera estacionaria, podemos hacer un balance de energía sobre él. Obtenemos así la siguiente igualdad en la que todos los términos nos son ya conocidos:

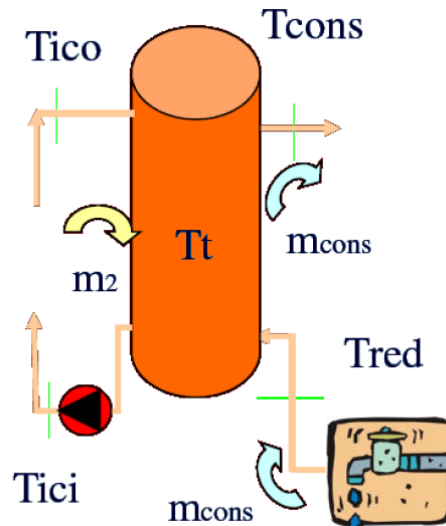


Figura 9.16 Esquema del balance energético en el depósito.  
(Fuente: Departamento de Ingeniería Térmica UC3M)

$$\dot{m}_2 \cdot c_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici}) = \dot{m}_{cons} \cdot c_{pcons} \cdot (T_{cons} - T_{red}) \quad \text{Ecuación [9.5]}$$

Siendo:

- $c_{pcons}$  : Calor específico a presión constante del agua  $\left[ \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$
- $\dot{m}_{cons}$  : Gasto másico del circuito de consumo de A.C.S.  $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$

### **TEMPERATURA MEDIA DEL TANQUE DE ACUMULACIÓN:**

Si suponemos que el agua del tanque está totalmente mezclada y realizamos un balance de energía tenemos:

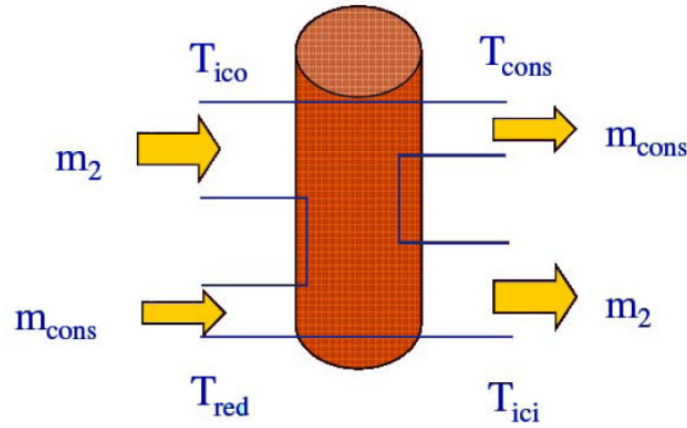


Figura 9.17 Esquema del balance energético en el depósito.  
(Fuente: Departamento de Ingeniería Térmica UC3M)

$$\dot{m}_2 \cdot Cp \cdot T_{ico} + \dot{m}_{cons} \cdot Cp \cdot T_{red} = (\dot{m}_2 + \dot{m}_{cons}) \cdot Cp \cdot T_t$$

Si despejamos la  $T_t$ , temperatura del tanque:

$$T_t = \frac{\dot{m}_2 \cdot T_{ico} + \dot{m}_{cons} \cdot T_{red}}{\dot{m}_2 + \dot{m}_{cons}} \quad \text{Ecuación [9.6]}$$

### **GRADO DE ESTRATIFICACIÓN DEL TANQUE DE ACUMULACIÓN:**

En el tanque de acumulación, debido a las diferencias de temperatura de las masas de agua que se mezclan se producen también variaciones de la densidad de estas masas. Estas variaciones dan lugar a que en el tanque se formen diferentes niveles de condiciones de agua conocidos como estratificación. Esta estratificación indica que dentro del depósito existe un gradiente de temperatura. Así el Grado de Estratificación del tanque,  $E_T$ , es un coeficiente adimensional que representa el perfil del gradiente de temperaturas dentro del tanque.

El grado de estratificación del tanque es un valor comprendido entre cero y uno.

$$0 \leq E_T \leq 1$$

Para aumentar el grado de estratificación debemos instalar tanques esbeltos o bien optar por la solución de conectar tanques de acumulación en serie.

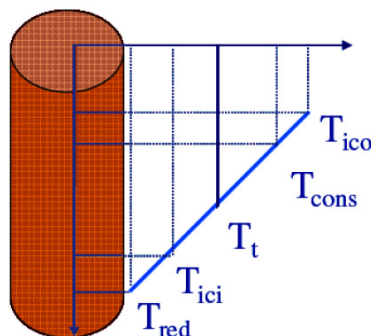


Figura 9.18 Esquema del balance energético en el depósito.  
(Fuente: Departamento de Ingeniería Térmica UC3M)

$$T_{cons} \text{ ha de estar entre } T_{ico} \text{ y } T_t = \begin{cases} E_T = 0, & T_{cons} = T_t \\ E_T = 1, & T_{cons} = T_{ico} \end{cases}$$

$$0 \leq E_T \leq 1$$

Si se supone un grado de estratificación de 0,5, tenemos la siguiente igualdad:

$$E_T = \frac{T_{cons} - T_t}{T_{ico} - T_t} \quad \text{Ecuación [9.7]}$$

Ya hemos obtenido las 7 ecuaciones del sistema necesario para resolver las incógnitas que planteábamos al principio y que tenemos los valores de los parámetros conocidos. Además hay unos parámetros variables que nos sirven como condiciones iniciales para poder resolver el sistema:

$A_T$  : Área total del campo de colectores [ $\text{m}^2$ ]

$$A_T = 0,5 \cdot n^{\circ} \text{ de personas} \quad \text{Ecuación [9.8]}$$

-  $\dot{m}_{cons}$ : Gasto másico del circuito de consumo de A.C.S.  $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$

$$\dot{m}_{cons} = \frac{\dot{m}_{cons\text{día}}}{h_{sol}} \quad \text{Ecuación [9.9]}$$

## 9.3 FRACCIÓN SOLAR CON EL COLECTOR ELEGIDO.

### 9.3.1 CON DATOS ANUALES

Vamos a calcular la fracción solar con el colector solar elegido. Como datos de partida usaremos valores medios anuales de las variables. Para la resolución del sistema de 7 ecuaciones con 7 incógnitas usaremos la herramienta matemática Mathcad 14. Este software resuelve las ecuaciones por iteración y convergencia de resultados. Esto implica que hay que dar un valor inicial a todas las variables.

Los valores iniciales expuesto a continuación son valores anuales:

VARIABLE	VALOR	UNIDADES
$I_T$	483,153	$\frac{W}{m^2}$
$\eta_0$	0,795	-
$A_T$	134	$m^2$
$\dot{Q}_{PC}$	Calculada a partir de a1 y a2	W
$T_{red}$	285,45	K
$\varepsilon_{IC}$	0,7	-
$T_{sum}$	313,15	K
$f$	0,7	-
$E_T$	0,5	-
$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$	1,541	$\frac{kg}{s}$
$C_{p1}$	3771	$\frac{J}{kg \cdot K}$
$C_{p2}$	4188	$\frac{J}{kg \cdot K}$
$\dot{m}_{cons}$	0,26	$\frac{kg}{s}$

Tabla 9.19 Valores iniciales para los cálculos anuales.  
(Fuente: Elaboración propia)

La metodología de cálculo será la siguiente, primero con el número de personas tendremos un valor inicial del  $A_T$  (según vimos en la Ecuación 9.8) e introduciendo como dato la fracción anual del CTE, 0,7 hallaremos el área de captación que cumple con estas condiciones.

VARIABLE	RESULTADO	
$T_{ci}$ : Temperatura de entrada a los colectores	319,94 K	46,79 °C
$T_{co}$ : Temperatura de salida de los colectores	326,19 K	50,04 °C
$T_{ici}$ : Temperatura de entrada del intercambiador de calor	317,26 K	44,11 °C
$T_{ico}$ : Temperatura de salida del intercambiador de calor	322,89 K	49,74 °C
$T_{cons}$ : Temperatura del A.C.S a la salida del tanque.	318,84 K	45,69 °C
$T_t$ : Temperatura del tanque de acumulación	317,49 K	44,34 °C
$A_T$ : Área total del campo de colectores	131,1 m <sup>2</sup>	

Tabla 9.20 Resultados del sistema de ecuaciones con datos anuales.  
(Fuente: Elaboración propia)

### 9.3.1 CON DATOS MENSUALES

Ahora con el dato del Área recientemente calculado introducimos nuevamente las ecuaciones en Mathcad 14.0, con los datos mensuales de las variables, y como incógnitas la fracción mensual a lo largo del año.

Resolviendo tenemos:

VARIABLE	RESULTADO
$f_{\text{enero}}$	0,391
$f_{\text{febrero}}$	0,502
$f_{\text{marzo}}$	0,669
$f_{\text{abril}}$	0,702
$f_{\text{mayo}}$	0,771
$f_{\text{junio}}$	0,871
$f_{\text{julio}}$	1,053
$f_{\text{agosto}}$	1,114
$f_{\text{septiembre}}$	0,951
$f_{\text{octubre}}$	0,744
$f_{\text{noviembre}}$	0,548
$f_{\text{diciembre}}$	0,387
$f_{\text{AÑO}}$	0,715

Tabla 9.21 Fracción mensual.  
(Fuente: Elaboración propia)



Nótese que para los meses de julio y agosto la fracción solar es superior a la unidad, pero como esta energía sobrepasa la demanda del edificio no se puede utilizar, para hacer la media se tomará como valor la unidad.

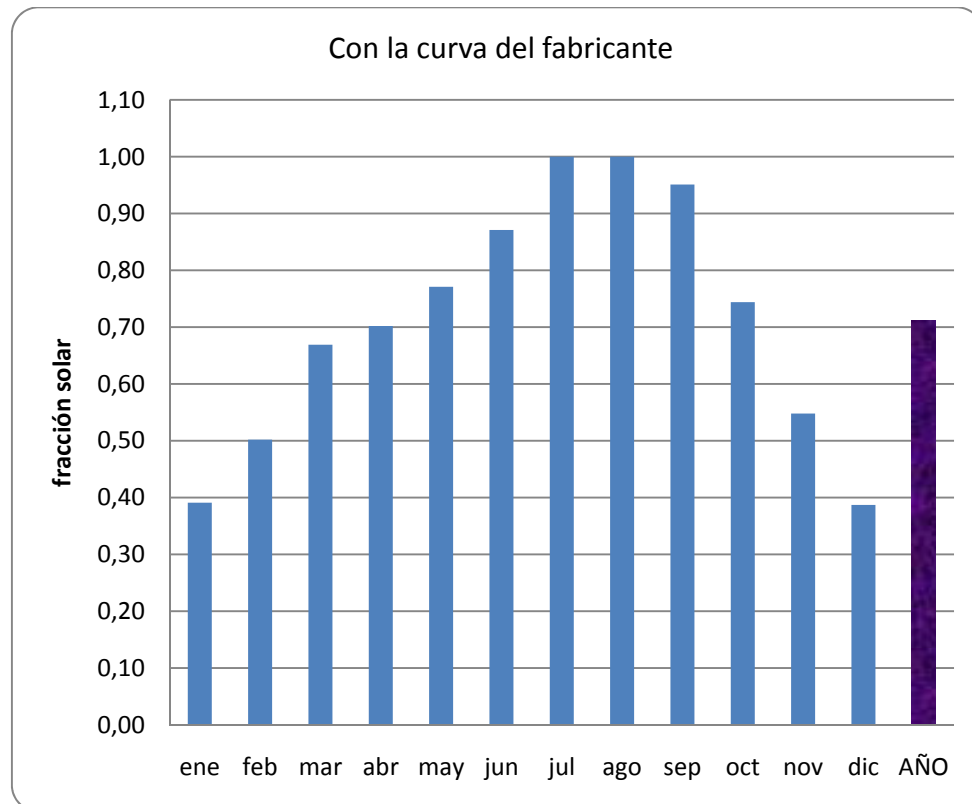


Figura 9.22 Representación en diagrama de barras de la fracción solar.  
(Fuente: Elaboración propia)

Hemos obtenido la fracción solar mes a mes a lo largo de un año con los valores medios mensuales de la localización de Valencia. La fracción media anual está en 0,715, con lo cual estamos por encima de la que nos pide el Código Técnico de la Edificación que es 0,7 para nuestro caso. Así que cumplimos con la normativa.

Estos valores han sido obtenidos con datos de pérdidas sacados de la curva del fabricante, y queremos comprobar cómo varían estos valores con un modelo matemático de pérdidas basado en el método de las resistencias eléctricas.

#### 9.4 MODELO DE PÉRDIDAS EN EL COLECTOR SOLAR PLANO.

Como el colector solar plano es el lugar en el que se transforma la energía de la radiación solar térmica en energía aprovechable el rendimiento con el que se produzca esta transformación vendrá determinado por las pérdidas en el colector. Estas pérdidas son de varios tipos: pérdidas ópticas, pérdidas de calor por conducción, por convección y pérdidas por radiación. La variación de la temperatura y de la velocidad del viento hará que varíen las pérdidas.

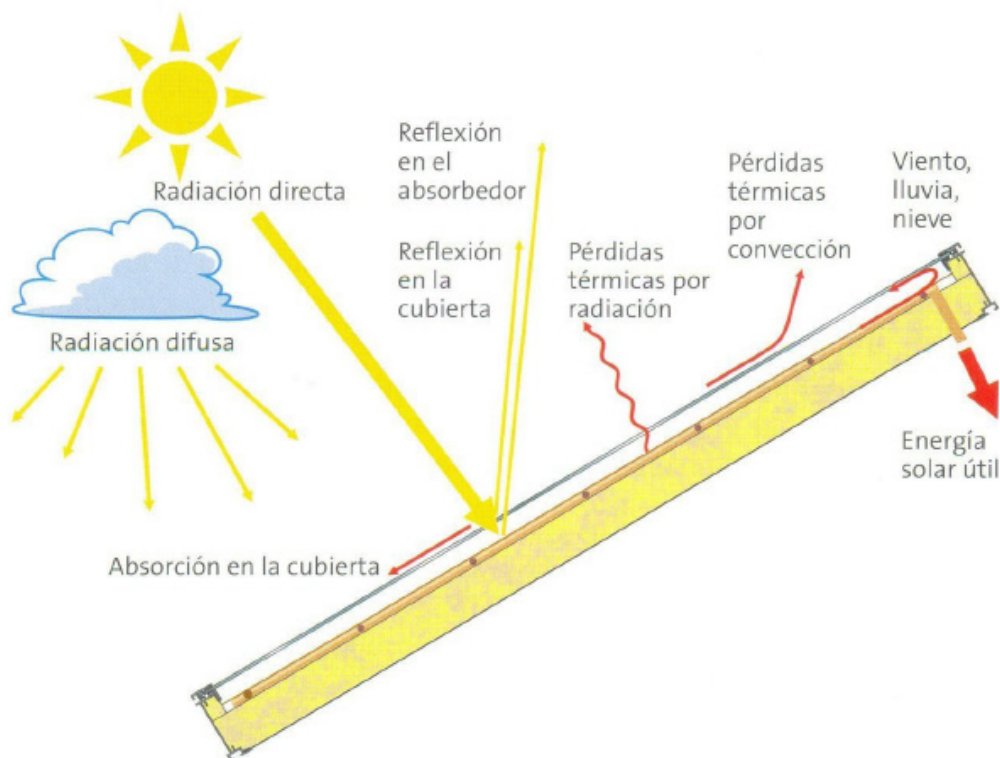


Figura 9.23 Pérdidas en el colector solar.  
(Fuente: Wagner Solar)

A continuación vamos a utilizar un modelo de transferencia de calor basado en el método de las resistencias eléctricas para determinar las pérdidas en el colector.

Nuestro objetivo es comparar las pérdidas que hemos obtenido con la curva del fabricante con las pérdidas que vamos a obtener con nuestro modelo e introducirlas en el sistema de ecuaciones para el cálculo de la fracción solar mensual.

Presentamos en la siguiente figura 9.24 las resistencias térmicas que hay en colector:

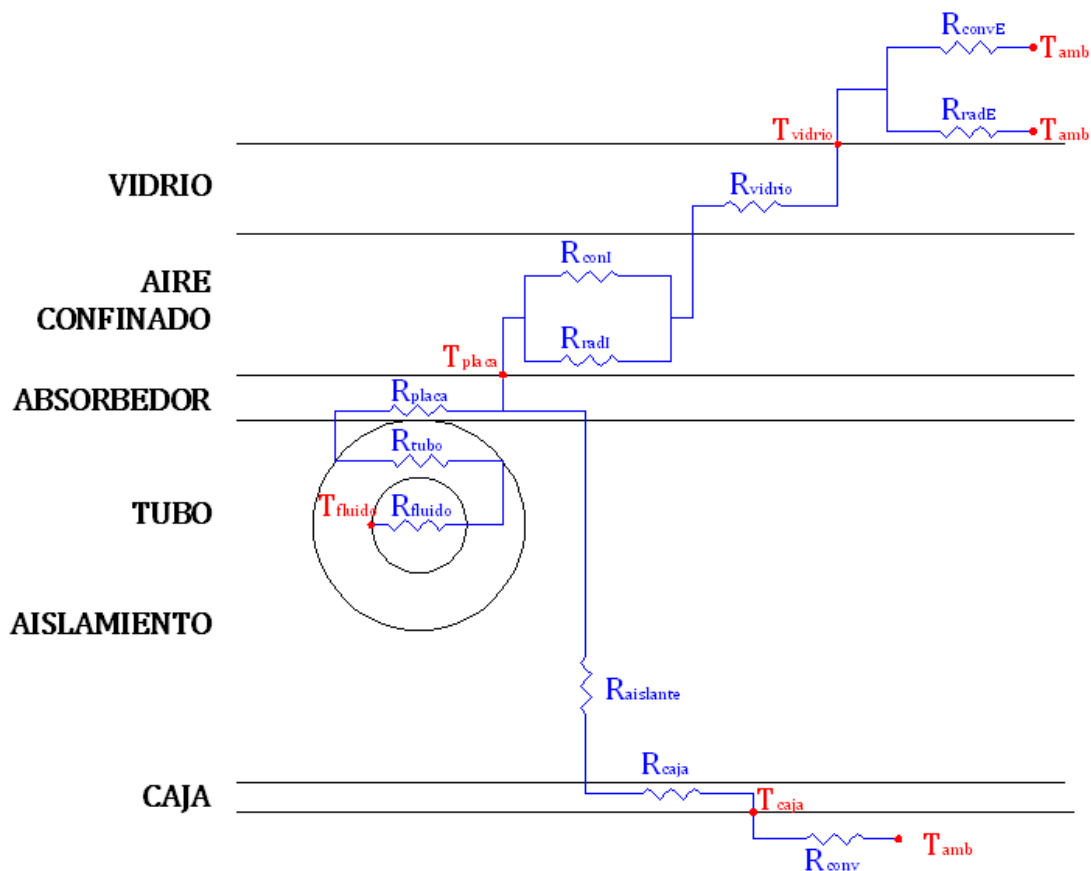


Figura 9.24 Esquema de las resistencias eléctricas.  
(Fuente: Elaboración propia)

Enumeramos las resistencias que ahora calcularemos detalladamente:

- RESISTENCIA DE CONVECCIÓN FORZADA EN LA PARTE TRASERA
- RESISTENCIA DE CODUCCIÓN EN LA CAJA
- RESISTENCIA DE CONDUCCIÓN EN EL AISLANTE
- RESISTENCIA DE CONVECCIÓN EN EL FLUIDO CALOPORTADOR
- RESISTENCIA DE CONDUCCIÓN EN LOS TUBOS
- RESISTENCIA DE CONDUCCIÓN EN LA PLACA ABSORBEDORA
- RESISTENCIA DE CONVECCIÓN NATURAL EN EL ESPACIO INTERIOR
- RESISTENCIA DE RADIACIÓN EN EL ESPACIO INTERIOR
- RESISTENCIA DE CONDUCCIÓN EN EL VIDRIO
- RESISTENCIA DE CONVECCIÓN FORZADA EN LA PARTE SUPERIOR
- REISTENCIA DE RADIACIÓN EN LA PARTE SUPERIOR

▪ RESISTENCIA DE CONVECCIÓN FORZADA EN LA PARTE TRASERA:

Esta resistencia de convección se calcula mediante la expresión:

$$R_{\text{conv}} = \frac{1}{h_{\text{conv}} \cdot A_1} \quad \text{Ecuación 9.10}$$

Siendo:

$h_{\text{conv}}$  el coeficiente de convección natural del aire exterior  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$

$A_1$  el área de apertura del colector solar  $[\text{m}^2]$

El  $h_{\text{conv}}$  se calcula con:

$$h_{\text{conv}} = \frac{\text{Nu}_{\text{posterior}} \cdot k_{\text{aire}}}{L_c}$$

Dónde tanto  $k_{\text{aire}}$  como  $L_c$  son datos:

$k_{\text{aire}}$  es la conductividad térmica del aire  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$

$L_c$  es la longitud característica  $[\text{m}]$

Para calcular el número de Nusselt de la parte trasera del colector, primero debemos saber cuál es la dirección predominante del viento según la posición de los colectores en la cubierta. En nuestro edificio se estima que la dirección predominante del viento, como puede verse en la siguiente figura, es paralela a la dimensión “anchura” de nuestro colector solar. El ancho del colector será la longitud característica.



Figura 9.25 Dirección predominante del viento y posición del colector.  
(Fuente: Elaboración propia)

El cálculo del número de Nusselt se hace con esta correlación, que se toma del artículo: Rodríguez M.C. et al. 2008 “TRANSFERENCIA DE CALOR EN COLECTORES SOLARES PLANOS, CONSIDERANDO VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO”, en adelante Referencia (9):

$$Nu_{\text{posterior}} = 8,948 \cdot Re_{\text{conv}}^{0,385} \cdot Pr_{\text{aire}}^{1/3}$$

Dónde  $Pr_{\text{aire}}$  es dato [–]

Y el número de Reynolds se calcula cómo:

$$Re_{\text{conv}} = \frac{\rho_{\text{aire}} \cdot v_{\text{aire}} \cdot L_c}{\mu_{\text{aire}}}$$

Siendo:

$\rho_{\text{aire}}$  la densidad del aire  $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$

$v_{\text{aire}}$  la velocidad media del aire  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$

$\mu_{\text{aire}}$  la viscosidad cinemática del aire  $\left[\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}\right]$

- RESISTENCIA DE CONDUCCIÓN EN LA CAJA:

Esta resistencia de conducción se calcula con la expresión:

$$R_{\text{caja}} = \frac{e_{\text{caja}}}{k_{\text{caja}} \cdot A_1} \quad \text{Ecuación 9.11}$$

Siendo:

$e_{\text{caja}}$  el espesor de la chapa del colector [m]

$k_{\text{caja}}$  la conductividad térmica de la chapa del colector  $\left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right]$

$A_1$  el área de apertura del colector solar [m<sup>2</sup>]

- RESISTENCIA DE CONDUCCIÓN EN EL AISLANTE:

Al igual que la anterior es también una resistencia de conducción y se calcula con la misma expresión para los datos del material aislante:

$$R_{\text{aislante}} = \frac{e_{\text{aislante}}}{k_{\text{aislante}} \cdot A_1} \quad \text{Ecuación 9.12}$$

Siendo:

$e_{\text{aislante}}$  el espesor del aislamiento térmico del colector [m]

$k_{\text{aislante}}$  la conductividad térmica del aislamiento del colector  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$

$A_1$  el área de apertura del colector solar [m<sup>2</sup>]

▪ RESISTENCIA DE CONVECCIÓN EN EL FLUIDO CALOPORTADOR:

La resistencia de convección de un fluido dentro de un tubo se calcula con la siguiente expresión:

$$R_{\text{fluido}} = \frac{1}{h_{\text{int}} \cdot \pi \cdot D_{\text{int}} \cdot L_{\text{tubo}} \cdot n_{\text{tubos}}} \quad \text{Ecuación 9.13}$$

Siendo:

$h_{\text{int}}$  el coeficiente de convección del fluido caloportador  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$

$D_{\text{int}}$  el diámetro interior de los tubos que recorren el colector [m]

$L_{\text{tubo}}$  la longitud de uno de los tubos del colector solar [m]

$n_{\text{tubos}}$  el número de tubos del colector solar [—]

$$h_{\text{int}} = \frac{\text{Nu}_{\text{fluido}} \cdot k_{\text{fluido}}}{D_{\text{int}}}$$

Dónde el número de Nusselt es:

$$\text{Nu}_{\text{fluido}} = 0,023 \cdot \text{Re}_{\text{fluido}}^{4/5} \cdot \text{Pr}_{\text{fluido}}^{0,4}$$

Y el número de Reynolds se calcula cómo:

$$\text{Re}_{\text{fluido}} = \frac{\rho_{\text{fluido}} \cdot v_{\text{fluido}} \cdot D_{\text{int}}}{\mu_{\text{fluido}}}$$

Siendo:

$\rho_{\text{fluido}}$  la densidad del fluido caloportador  $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$

$v_{\text{fluido}}$  la velocidad del fluido caloportador en el interior de los tubos del colector  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$

$\mu_{\text{fluido}}$  la viscosidad cinemática del fluido caloportador en el interior  
de los tubos del colector  $\left[\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}\right]$

- RESISTENCIA DE CONDUCCIÓN EN LOS TUBOS:

La resistencia térmica de conducción que ofrecen las paredes de las tuberías se calcula mediante la siguiente expresión que tiene en cuenta la geometría característica de un tubo cilíndrico:

$$R_{\text{tubo}} = \frac{\ln\left(\frac{D_{\text{ext}}}{D_{\text{int}}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k_{\text{tubo}} \cdot L_{\text{tubo}} \cdot n_{\text{tubos}}}$$

Ecuación 9.14

Siendo:

$D_{\text{ext}}$  el diámetro exterior de los tubos que recorren el colector [m]

$D_{\text{int}}$  el diámetro interior de los tubos que recorren el colector [m]

$k_{\text{tubo}}$  la conductividad térmica de los tubos que recorren el colector  $\left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}\right]$

$L_{\text{tubo}}$  la longitud de uno de los tubos del colector solar [m]

$n_{\text{tubos}}$  el número de tubos del colector solar [–]

- RESISTENCIA DE CONDUCCIÓN EN LA PLACA ABSORBEDORA:

Esta resistencia, al existir en la placa absorbedora una transferencia de calor no lineal, se calcula experimentalmente. Realizando un balance de energía en la placa. Para este balance se tienen en cuenta tanto la temperatura de la placa absorbedora como la temperatura del fluido caloportador que circula por los tubos.

Su valor se toma de la referencia (9):

$$R_{\text{placa}} = 0,012 \left[\frac{\text{K}}{\text{W}}\right]$$

Ecuación 9.15

▪ RESISTENCIA DE CONVECCIÓN NATURAL EN EL ESPACIO INTERIOR:

Ahora calculamos la resistencia de convección natural en el espacio entre la placa absorbadora y el vidrio exterior con la expresión para la resistencia de convección:

$$R_{\text{convI}} = \frac{1}{h_{\text{convI}} \cdot A_1} \quad \text{Ecuación 9.16}$$

Siendo:

$h_{\text{convI}}$  el coeficiente de convección natural del aire confinado entre la placa absorbadora y el vidrio exterior  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$   
 $A_1$  el área de apertura del colector solar  $[\text{m}^2]$

El  $h_{\text{convI}}$  se calcula con:

$$h_{\text{convI}} = \frac{Nu_{\text{cámara}} \cdot k_{\text{aire\_cámara}}}{L_{\text{cámara}}}$$

Siendo

$k_{\text{aire\_cámara}}$  la conductividad térmica del aire confinado entre la placa absorbadora y el vidrio exterior  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$   
 $L_{\text{cámara}}$  la longitud característica  $[\text{m}]$

Y el número de Nusselt de la cámara de aire del colector se calcula con la correlación tomada nuevamente de la referencia (9):

$$Nu_{\text{cámara}} = 4,328 \cdot 10^{-10} \cdot Ra_{\text{cámara}}^2 - 1,478 \cdot 10^{-6} \cdot Ra_{\text{cámara}} + 1,01$$

Al tratarse de una convección natural hay que calcular el número de Rayleigh como:

$$Ra_{\text{cámara}} = \frac{g \cdot \beta_{\text{aire\_cámara}} \cdot L_{\text{cámara}}^3 \cdot (T_{\text{placa}} - T_{\text{vidrio}})}{\alpha_{\text{aire\_cámara}} \cdot \nu_{\text{aire\_cámara}}}$$

Siendo:



$g$  la aceleración de la gravedad  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]$

$\beta_{\text{aire}_{\text{cámara}}}$  el coeficiente volumétrico de expansión térmica del aire  
confinado entre la placa absorbadora y el vidrio exterior  $\left[\frac{\text{m}}{\text{m}^3}\right]$

$L_{\text{cámara}}$  la longitud característica [m]

$T_{\text{placa}}$  la temperatura de la placa absorbadora [K]

$T_{\text{vidrio}}$  la temperatura del vidrio exterior [K]

$\alpha_{\text{aire}_{\text{cámara}}}$  la difusividad térmica del aire confinado entre la placa absorbadora  
y el vidrio exterior  $\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right]$

$\nu_{\text{aire}_{\text{cámara}}}$  la viscosidad cinemática del aire confinado entre la placa absorbadora  
y el vidrio exterior  $\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right]$

#### ▪ RESISTENCIA DE RADIACIÓN EN EL ESPACIO INTERIOR:

Para calcular la resistencia de radiación entre la placa absorbadora y el vidrio exterior utilizamos la expresión de la referencia (9):

$$R_{\text{radi}} = \frac{(\epsilon_{\text{vidrio}} + \epsilon_{\text{placa}} - \epsilon_{\text{vidrio}} \cdot \epsilon_{\text{placa}})}{\epsilon_{\text{vidrio}} \cdot \epsilon_{\text{placa}} \cdot \sigma \cdot A_1 \cdot (T_{\text{placa}}^2 + T_{\text{vidrio}}^2) \cdot (T_{\text{placa}} + T_{\text{vidrio}})} \quad \text{Ecuación 9.17}$$

Siendo:

$\epsilon_{\text{vidrio}}$  la emisividad del vidrio en el infrarrojo [–]

$\epsilon_{\text{placa}}$  la emisividad de la placa absorbadora en el infrarrojo [–]

$\sigma$  la constante de Stefan – Boltzmann  $\left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}\right]$

$A_1$  el área de apertura del colector solar [m<sup>2</sup>]

$T_{\text{placa}}$  la temperatura de la placa absorbadora [K]

$T_{\text{vidrio}}$  la temperatura del vidrio exterior [K]

#### ▪ RESISTENCIA DE CONDUCCIÓN EN EL VIDRIO:

Como las anteriores resistencias de conducción con la expresión:

$$R_{\text{vidrio}} = \frac{e_{\text{vidrio}}}{k_{\text{vidrio}} \cdot A_1} \quad \text{Ecuación 9.18}$$

Siendo:

$e_{\text{vidrio}}$  el espesor del vidrio exterior del colector [m]

$k_{\text{vidrio}}$  la conductividad térmica del vidrio exterior del colector  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$

$A_1$  el área de apertura del colector solar [m<sup>2</sup>]

▪ RESISTENCIA DE CONVECCIÓN FORZADA EN LA PARTE SUPERIOR :

La resistencia de convección exterior se calcula con la expresión:

$$R_{\text{convE}} = \frac{1}{h_{\text{convE}} \cdot A_1} \quad \text{Ecuación 9.19}$$

Siendo:

$h_{\text{convE}}$  el coeficiente de convección natural del aire exterior  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$

$A_1$  el área de apertura del colector solar [m<sup>2</sup>]

Nótese que para el cálculo de esta resistencia la  $h_{\text{convE}}$  será diferente de  $h_{\text{conv}}$  que se usó para el cálculo de la resistencia por convección forzada inferior ya que las condiciones del aire son diferentes al cambiar la temperatura de película a la que se producen los intercambios.

El  $h_{\text{convE}}$  se calcula con:

$$h_{\text{convE}} = \frac{\text{Nu}_{\text{superior}} \cdot k_{\text{aire}}}{L_c}$$

Dónde tanto  $k_{\text{aire}}$  como  $L_c$  son datos:

$k_{\text{aire}}$  es la conductividad térmica del aire  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$

$L_c$  es la longitud característica [m]

Y el número de Nusselt de la parte trasera del colector se calcula nuevamente con la correlación de la referencia (9) :

$$\text{Nu}_{\text{superior}} = 0,105 \cdot \text{Re}_{\text{convE}}^{0,646} \cdot \text{Pr}_{\text{aire}}^{1/3}$$

Dónde  $\text{Pr}_{\text{aire}}$  es dato [—]

Y el número de Reynolds se calcula cómo:

$$Re_{convE} = \frac{\rho_{aire} \cdot v_{aire} \cdot L_c}{\mu_{aire}}$$

Siendo:

$\rho_{aire}$  la densidad del aire  $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

$v_{aire}$  la velocidad media del aire  $\left[\frac{m}{s}\right]$

$\mu_{aire}$  la viscosidad cinemática del aire  $\left[\frac{N \cdot s}{m^2}\right]$

- REISTENCIA DE RADIACIÓN EN LA PARTE SUPERIOR:

La resistencia de radiación del cristal hacia el exterior se calcula con la expresión:

$$R_{radE} = \frac{1}{\epsilon_{vidrio} \cdot \sigma \cdot A_1 \cdot (T_{cielo}^2 + T_{vidrio}^2) \cdot (T_{cielo} + T_{vidrio})} \quad \text{Ecuación 9.20}$$

Siendo:

$\epsilon_{vidrio}$  la emisividad del vidrio [-]

$\sigma$  la constante de Stefan – Boltzmann  $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K^4}\right]$

$A_1$  el área de apertura del colector solar  $[m^2]$

$T_{cielo}$  la temperatura del cielo [K]

$T_{vidrio}$  la temperatura del vidrio exterior [K]

Para el cálculo de las resistencias ha sido necesario utilizar algunas temperaturas desconocidas a priori. Para dar un valor a estas temperaturas se ha recurrido a algunos autores que nos proponen correlaciones para estimar su valor. Estas correlaciones son las siguientes:

- Correlación para la temperatura exterior de la caja:

$$T_{caja} = 1,021 \cdot T_{amb} - 1,072K \quad \text{Ecuación 9.21}$$

Facilitada por el Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos de la Universidad Carlos III de Madrid.

- Correlación para la temperatura del vidrio:

$$T_{\text{vidrio}} = 1,042 \cdot T_{\text{amb}} - 2,34\text{K} \quad \text{Ecuación 9.22}$$

Facilitada por el Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos de la Universidad Carlos III de Madrid.

- Correlación para la temperatura de cielo:

$$T_{\text{cielo}} = 0,03756342 \cdot T_{\text{amb}}^{1,5} + 0,32 \cdot T_{\text{amb}} \quad \text{Ecuación 6.3}$$

Tomada de la referencia (7).

Presentamos una tabla resumen con todas las resistencias:

RESISTENCIA	TIPO DE RESISTENCIA	RESULTADO
		[W/K]
$R_{\text{conv}}$	CONVECCIÓN FORZADA EN LA PARTE TRASERA DEL COLECTOR SOLAR	0,025
$R_{\text{caja}}$	CONDUCCIÓN EN LA CAJA EXTERIOR DEL COLECTOR SOLAR	$1,737 \times 10^{-6}$
$R_{\text{aislante}}$	CONDUCCIÓN EN EL AISLAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR DEL COLECTOR SOLAR	0,505
$R_{\text{fluido}}$	CONVECCIÓN EN EL FLUIDO CALOPORTADOR DEL COLECTOR SOLAR	$4,326 \times 10^{-3}$
$R_{\text{tubo}}$	CONDUCCIÓN EN LAS PAREDES DE LOS TUBOS DEL COLECTOR SOLAR	$2,309 \times 10^{-6}$
$R_{\text{placa}}$	CONDUCCIÓN EN LA PLACA ABSORBEDORA DEL COLECTOR SOLAR	0,012
$R_{\text{convI}}$	CONVECCIÓN NAURAL EN EL ESPACIO ENTRE LA PLACA ABSORBEDORA Y EL VIRIO EXTERIOR DEL COLECTOR SOLAR	0,134
$R_{\text{radI}}$	RADIACIÓN EN EL ESPACIO ENTRE LA PLACA ABSORBEDORA Y EL VIRIO EXTERIOR DEL COLECTOR SOLAR	1,5
$R_{\text{vidrio}}$	CONDUCCIÓN EN EL VIDRIO EXTERIOR DEL COLECTOR SOLAR	$1,818 \times 10^{-3}$
$R_{\text{convE}}$	CONVECCIÓN FORZADA EN LA PARTE SUPERIOR DEL COLECTOR SOLAR	0,088
$R_{\text{radE}}$	RADIACIÓN DEL VIRIO EXTERIOR DEL COLECTOR SOLAR	0,405

Tabla 9.26 Resumen de resistencias en el colector solar plano.  
(Fuente: Elaboración propia)

Las pérdidas en el colector solar plano las podemos englobar en tres grandes grupos, las pérdidas ópticas, las pérdidas en la parte superior del colector y las pérdidas en la parte inferior del colector.

Además, estas pérdidas son de varios tipos: pérdidas ópticas, pérdidas de calor por conducción, por convección y pérdidas por radiación

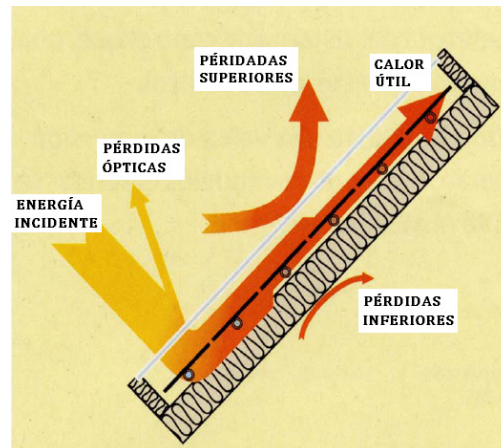


Figura 9.27 Diagrama de sankey de las pérdidas en un colector solar.  
(Fuente: Elaboración propia)

Una gráfica mes a mes nos ayuda a ver cómo evolucionan estas pérdidas obtenidas con el modelo a lo largo del año, y observamos también en que órdenes de magnitud nos movemos.

Las pérdidas ópticas representan las mayores pérdidas. Las superiores zona bastante constantes a lo largo del año y las inferiores son relativamente bajas.

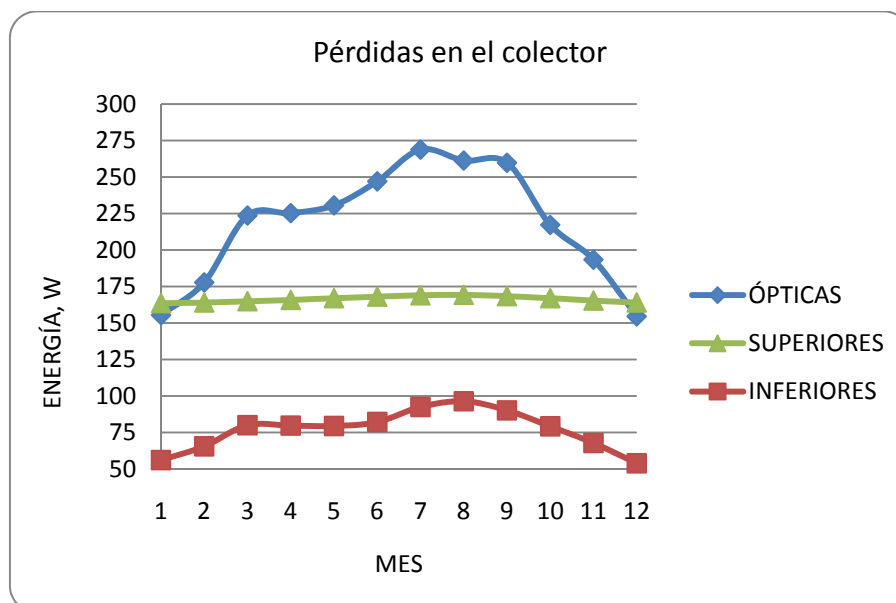


Figura 9.28 Gráfica de las pérdidas en un colector solar mes a mes.  
(Fuente: Elaboración propia)

Resulta también de interés el comparar la energía incidente a lo largo del año con la que se pierde. La distancia entre las dos gráficas nos indica la energía útil aprovechable. Observamos que como nos indica la lógica en los meses más fríos esta distancia es menor y en los meses más cálidos es mayor.

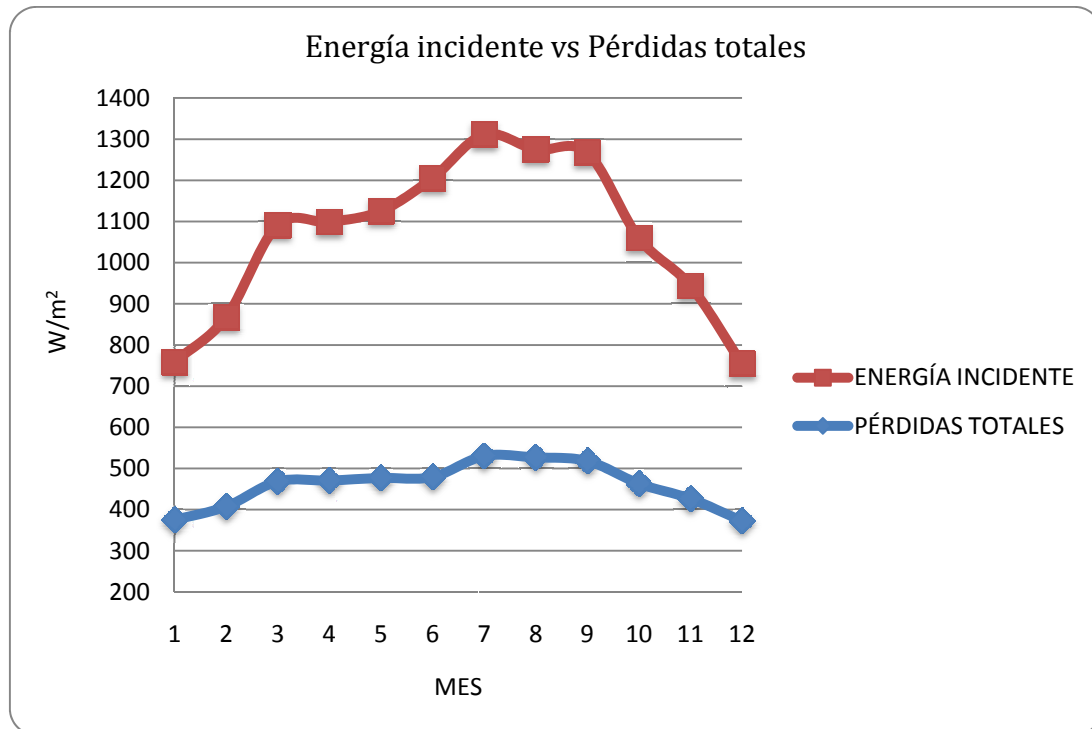


Figura 9.29 Energía incidente y pérdidas totales.  
(Fuente: Elaboración propia)

## 9.5 FRACCIÓN SOLAR CON EL MODELO DE PÉRDIDAS.

Ahora con el dato del Área previamente calculado introducimos nuevamente las ecuaciones en Mathcad 14.0, dónde el dato de las pérdidas ya no es el de la curva del fabricante sino el que acabamos de hallar con el modelo de pérdidas. Como incógnitas tenemos nuevamente la fracción mensual a lo largo del año.

Resolviendo tenemos:

VARIABLE	RESULTADO
$f_{\text{enero}}$	0,340
$f_{\text{febrero}}$	0,481
$f_{\text{marzo}}$	0,689
$f_{\text{abril}}$	0,745
$f_{\text{mayo}}$	0,823
$f_{\text{junio}}$	0,946
$f_{\text{julio}}$	1,198
$f_{\text{agosto}}$	1,294
$f_{\text{septiembre}}$	1,053
$f_{\text{octubre}}$	0,777
$f_{\text{noviembre}}$	0,529
$f_{\text{diciembre}}$	0,329
$f_{\text{AÑO}}$	0,722

Tabla 9.30 Fracción solar obtenida con el modelo de pérdidas.  
(Fuente: Elaboración propia)

Nótese que para los meses de julio, agosto y septiembre la fracción solar es superior a la unidad, pero como esta energía que sobrepasa la demanda del edificio no se puede utilizar, para hacer la media se tomará como valor la unidad.

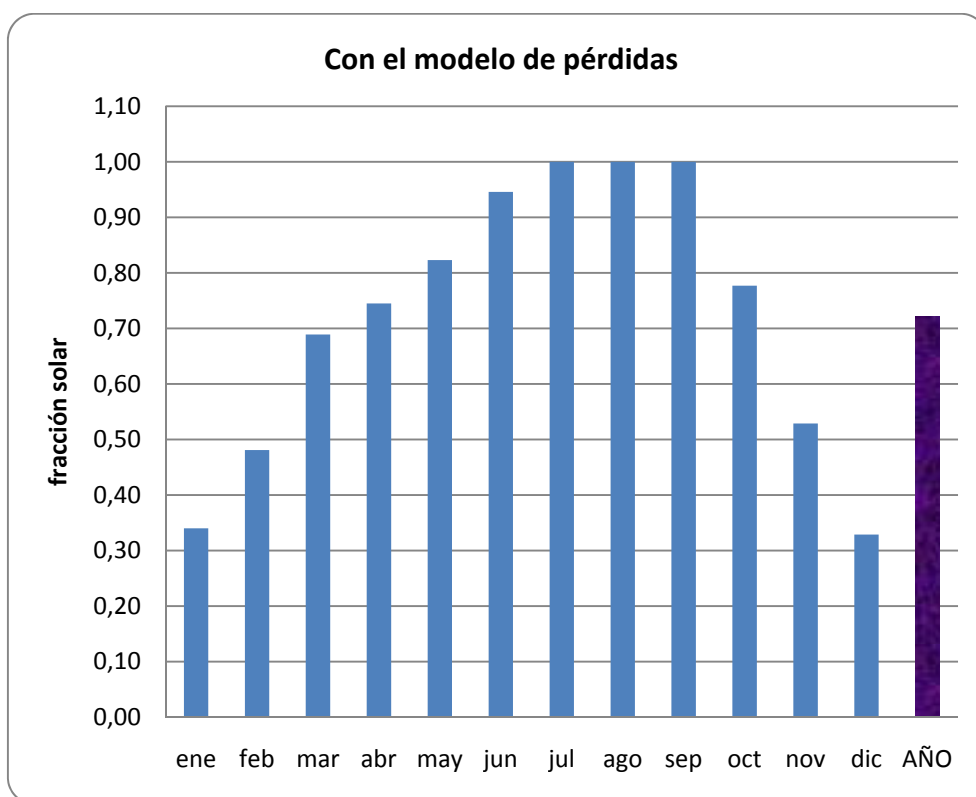


Figura 9.31 Fracción solar obtenida con el modelo de pérdidas.  
(Fuente: Elaboración propia)

Comparando la fracción solar obtenida con el modelo de pérdidas y la obtenida con la curva del fabricante, observamos que:

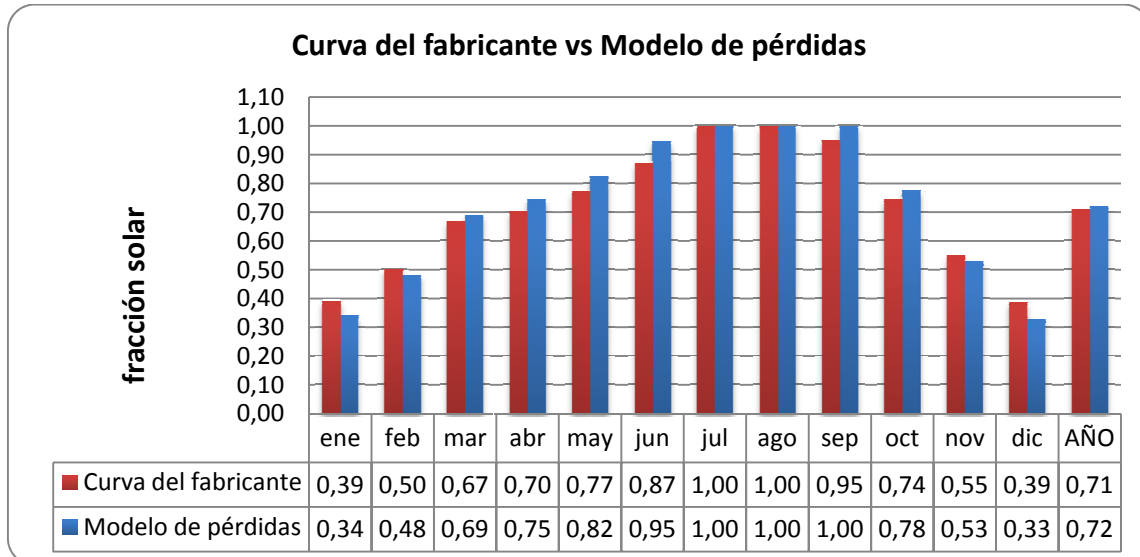


Tabla 9.31 Comparativa de la fracción solar.  
(Fuente: Elaboración propia)

Las fracciones solares son muy parecidas. En los meses más fríos la fracción solar de la curva del fabricante es superior mientras que en los meses más cálidos la que es superior es la del modelo de pérdidas. Resultando la media anual prácticamente similar.

Estos resultados se deben fundamentalmente:

- El modelo de pérdidas utilizado es una muy buena aproximación matemática al resultado experimental que obtienen los fabricantes en los ensayos en laboratorio.
- El colector elegido para nuestro proyecto ofrece una curva de rendimiento ensayada conforme a la norma europea EN 12975-2. Esta norma prevé para la determinación de la curva unos valores de ensayos que son: una irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup> a 1000 W/m<sup>2</sup>, unas temperaturas entrada del fluido de 20 °C a 90 °C, y una velocidad del viento de 3 m/s.
- Estos valores de ensayo son muy similares a los nuestros, si nos fijamos la velocidad del viento se ajusta muy bien a la media anual del viento que teníamos para Valencia.

En la siguiente imagen podemos apreciar cómo se realizan los ensayos conforma a la norma EN 12975-2. Unas lámparas nos dan la irradiancia y a través de unos conductos se hace pasar la corriente de aire.





Fotografía 9.32 Ensayo de un colector.  
(Fuente: ESTIF – SOLARKEYMARK)

## 10. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.

La instalación solar de nuestro edificio tiene como esquema principal de referencia el propuesto por ASIT (Asociación de la Energía Solar Térmica) en su Guía Básica. El esquema de la instalación, que se muestra en la siguiente figura 10.1, se compone de los tres circuitos que hemos venido usando hasta ahora para los cálculos:

- Circuito primario: Compuesto por los colectores solares del campo solar, las tuberías de impulsión y retorno, el bombeo primario, y el lado del intercambiador de calor que separa el fluido caloportador del primario del fluido del circuito secundario.
- Circuito secundario: Compuesto por el bombeo secundario, las tuberías de impulsión y retorno, el lado del intercambiador de calor que separa el fluido del secundario (agua) del fluido caloportador del primario, y los tanques de acumulación.
- Circuito terciario: Es el circuito de consumo. Está compuesto por las tuberías de impulsión que parten de los tanques de acumulación, el bombeo terciario y la fuente auxiliar de energía:

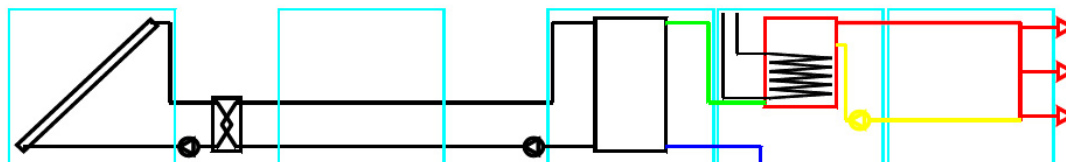


Figura 10.1 Esquema de una instalación con acumulación y energía auxiliar centralizada.  
(Fuente: ASIT)

En los siguientes puntos de este capítulo se van a dimensionar los diferentes componentes del esquema propuesto para nuestro edificio y se define con detalle un esquema de principio de la instalación.

### 10.1 ESQUEMA DE PRINCIPIO DEL CAMPO SOLAR.

A continuación se muestra el esquema de principio con los componentes de los tres circuitos antes descritos:

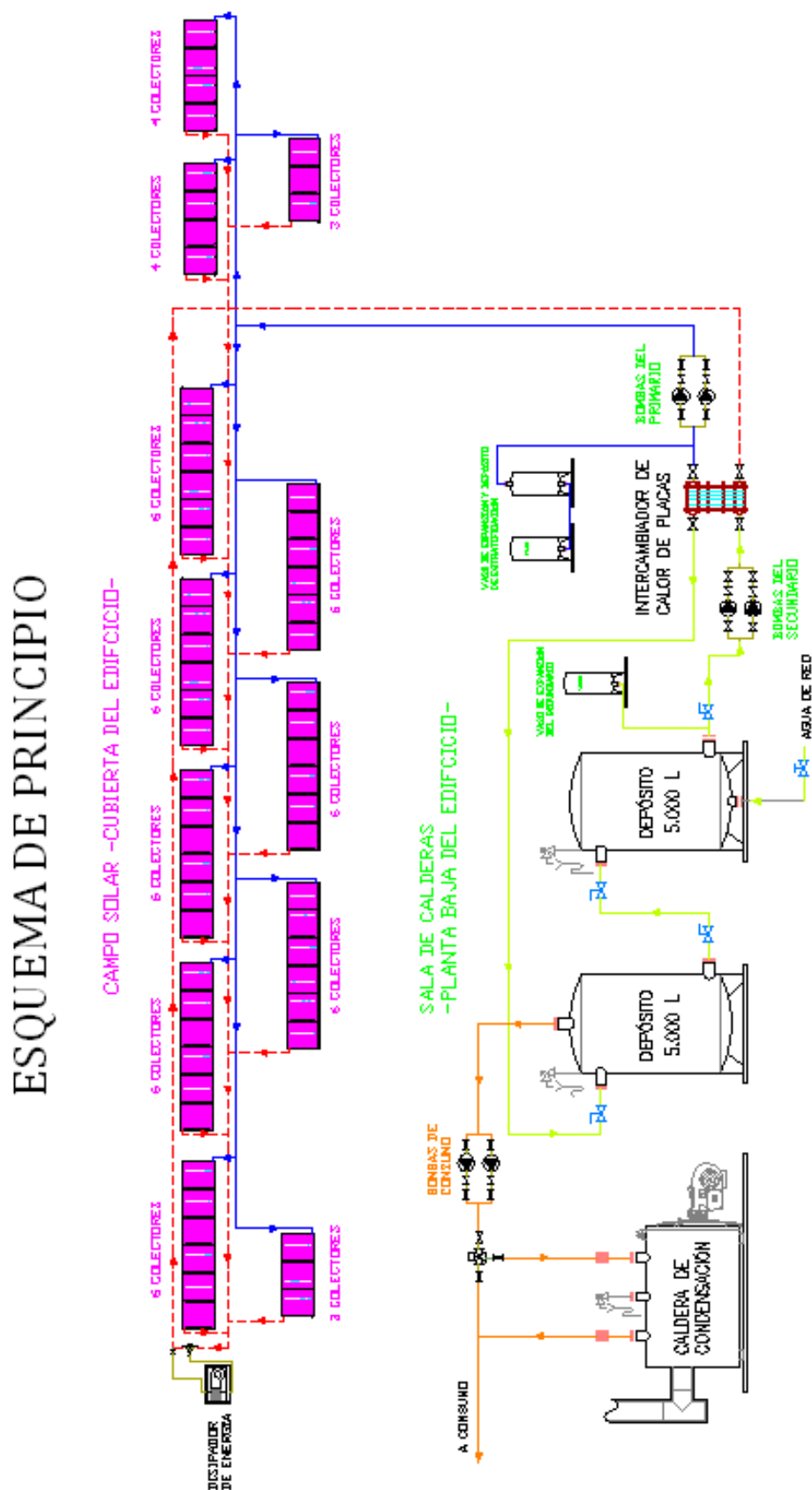


Figura 10.2 Esquema de principio de la instalación.  
(Fuente: Elaboración propia)

## 10.2 DIMENSIONADO DEL DISIPADOR DE CALOR.

Para dimensionar este elemento podríamos tomar como dato para la disipación de energía de los excesos que hemos obtenido en la fracción solar, calculados en el apartado 9.5 de este proyecto. Estos excesos se producirían, para el modelo de pérdidas del colector solar, en los meses de julio, agosto y septiembre.

No vamos a tomar estos valores como energía a disipar ya que por un lado han sido hallados con datos medios mensuales, además puede haber algún mes atípico con más radiación debido a una atmósfera especialmente limpia. Por otro lado, una imprevista desconexión del consumo por avería o mantenimiento puede suponer un excesivo calentamiento de los colectores. Pudiéndose llegar a alcanzar la temperatura de estancamiento, aunque antes deberían haber actuado las válvulas de seguridad que se montarán en los colectores.

El disipador de calor entrará en funcionamiento cuando la temperatura del fluido caloportador del circuito primario (Tyfocor) alcance los 90 °C, consiguiendo enfriarla hasta los 70 °C.

$$Q_{disipador} = \dot{m}_1 \cdot \dot{C}p_1 \cdot (363,15 \text{ K} - 343,15 \text{ K})$$

Siendo:

$Q_{disipador}$  la energía a disipar [kW]

$\dot{m}_1$  gasto másico del circuito primario  $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$

$\dot{C}p_1$  calor específico del fluido caloportador del primario  $\left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$

$$Q_{disipador} = 118,33 \text{ kW}$$

Nuestro proyecto propone que el aerodisipador debe ir conectado a un sistema de alimentación ininterrumpida S.A.I. del edificio, junto con las bombas del primario para evitar que un corte del suministro eléctrico nos provoque una avería en los colectores.

Por último la pérdida de carga de este elemento la tomamos directamente del catálogo del fabricante. El modelo elegido es un WOLF, LH 100/3 que puede disipar hasta 120 kW:

$$\Delta P_{disipador} = 49,85 \text{ kPa} = 5,08 \text{ m. c. a.}$$

### 10.3 DIMENSIONADO DE LA ACUMULACIÓN.

La función del tanque de acumulación es la de ser la reserva de A.C.S., la cual se va produciendo y acumulando durante las horas de sol a la espera de ser consumida.

Para evitar las pérdidas al ambiente del tanque éste estará provisto de un material aislante exterior. Además para favorecer el consumo a la temperatura adecuada el tanque estará estratificado. Esto implica que el agua de consumo se tomará de la parte más alta del tanque y que tiene una temperatura mayor. Y por la parte inferior del tanque entrará el agua de red y la salida hacia los colectores solares. Así el rendimiento es mayor al mandar hacia los colectores la temperatura lo más baja posible.

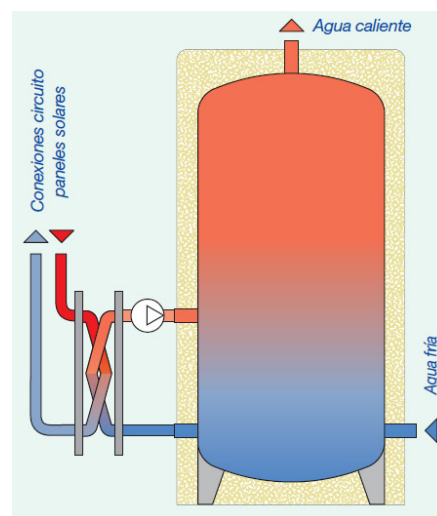


Figura 10.3 Tomas del tanque de acumulación solar.  
(Fuente: Elaboración propia)

El consumo de A.C.S. en este tipo de edificios varía a lo largo de los meses del año, pero también varía según la hora del día en que nos encontremos y según el día de la semana, aumentando los fines de semana. Según nos indica el DTIE 1.01 en el siguiente gráfico:

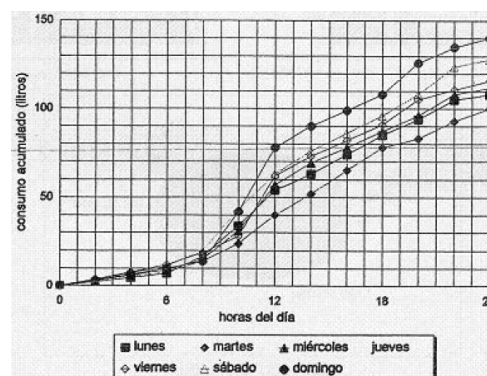


Figura 10.4 Consumo de ACS a lo largo de los días de la semana.  
(Fuente: DTIE 1.01)

Por lo tanto, el conocimiento exacto de la variación del consumo se hace muy difícil a priori. Para conocer el consumo nos basaremos en datos experimentales y en algunas hipótesis que nos permitan dimensionar correctamente el volumen necesario de acumulación para satisfacer el consumo de A.C.S.

Para el dimensionado del tanque de acumulación de A.C.S. se van a seguir las indicaciones propuestas en el DTIE 1.01 “PREPARACIÓN DE AGUA CALIENTE PARA USOS SANITARIOS”, en el Método de la Vivienda Estándar. En este método se utiliza el periodo para dimensionar el volumen de A.C.S.

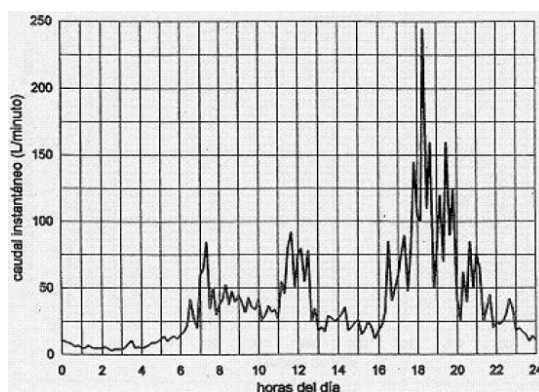


Figura 10.5 Consumo de ACS a lo largo de las horas del día.  
(Fuente: DTIE 1.01)

▪ Número de viviendas estándar:

7 Plantas Tipo y 1 Planta Ático con un total de:

63 viviendas de 1 pieza → 63 x 1,0 VE

35 viviendas de 2 piezas → 35 x 1,3 VE

14 viviendas de 3 piezas → 14 x 1,4 VE

Lo que representa un total de Total= 129,5 Viviendas Estándar.

Además tenemos el local de 288 m<sup>2</sup> y del que se desconoce su aplicación o aplicaciones ya que puede ser dividido en varios locales. Como tampoco conocemos los horarios de uso vamos a hacer una estimación consistente en tomar un tercio del consumo de A.C.S. del local y traducirlo a Vivienda Estándar.

Con esto tenemos que el número de Viviendas Estándar Total = 160 VE.

▪ Periodo punta:

El DTIE nos propone la siguiente expresión para determinar la duración del periodo punta de consumo:

$$T = 5 \cdot \frac{N_{VE}^{0,905}}{15 + N_{VE}^{0,902}} = 4 \text{ horas}$$

▪ Caudal máximo horario:

El DTIE nos indica que el consumo diario de A.C.S. de una VE es de 150 litros a la temperatura de 60 °C.

$$Q_{diario} = 150 \text{ litros}$$

Con la elevación de la temperatura por encima de los 60 °C conseguimos además eliminar los riesgos asociados a la bacteria de la Legionella. El problema de la Legionella viene cuando se inhala la bacteria en forma de aerosol provocando enfermedades respiratorias.

Por encima de 60 °C la bacteria muere rápidamente con lo que se elimina el riesgo de inhalación.

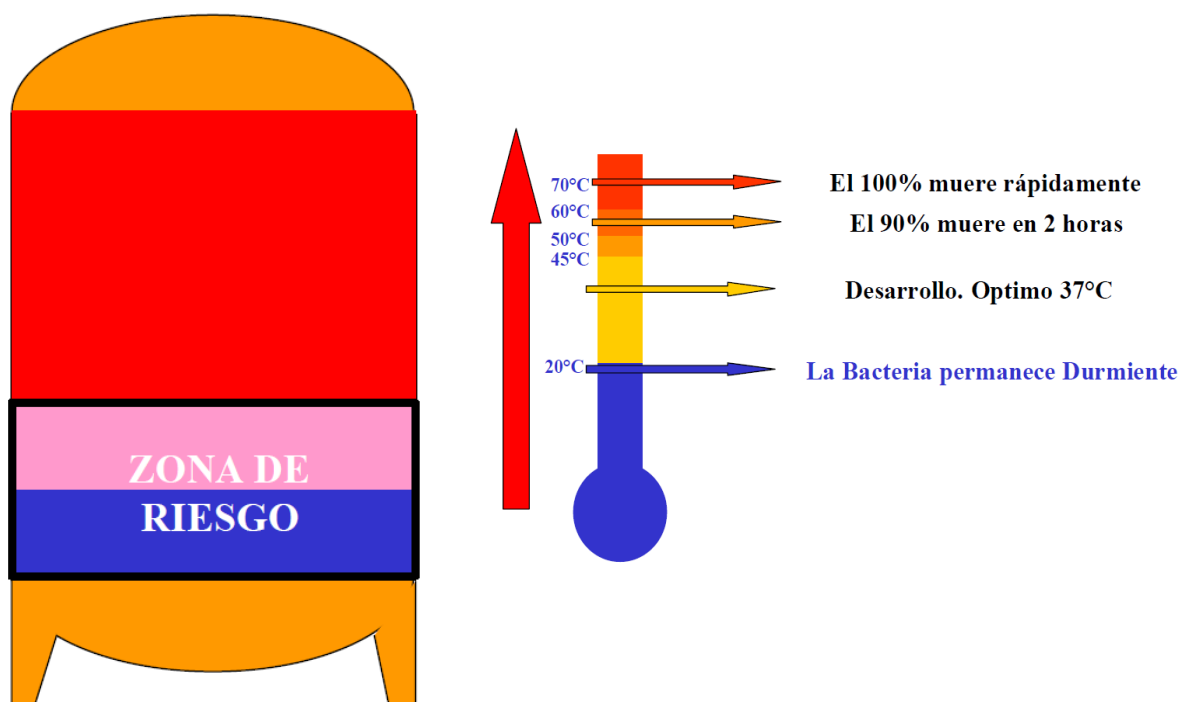


Figura 10.6 Zona de riesgo de Legionella en depósitos y efecto de la temperatura en la Legionella.  
(Fuente: Factor 4 Ingenieros Consultores)

Por otro lado el consumo en el periodo punta del día que vimos en la gráfica anterior y que se da entre las 16:00 horas y las 22:00 horas, corresponde al 75% del consumo diario:

$$Q_{punta} = 0,75 \cdot Q_{diario} = 120 \text{ litros}$$

Además aplicaremos un coeficiente de simultaneidad que se define como:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{N_{VE} - 1}} + 0,17 = 0,249$$

Ya estamos en disposición de conocer el caudal máximo:

$$C_{max} = \frac{Q_{punta} \cdot N_{VE} \cdot \varphi}{3600 \text{ s}} = 1,328 \frac{l}{s}$$

▪ Volumen útil y volumen efectivo del tanque de acumulación:

Vamos a tener siempre en el tanque de acumulación un volumen de agua que no se va a poder utilizar ya que no estará nunca a las condiciones de temperatura de uso. Se define como factor de forma de un tanque  $f_f$  la relación entre la altura dividido del diámetro.

$$f_f = \frac{H}{D}$$

Otro parámetro a considerar es el factor de forma que relaciona el volumen útil del tanque con el volumen efectivo:

$$f_m = 0,63 + 0,14 \cdot f_f$$

El tanque que hemos elegido para nuestra instalación es de la marca Lapesa y concretamente la gama de modelos Máster Vitro Inox. Consultando el catálogo técnico del fabricante Lapesa, se ha calculado un factor de forma para los mencionados modelos que resulta ser igual a 1,4. Con lo que podemos conocer el factor de mezcla:

$$f_m = 0,826$$

Volumen de agua consumido durante la hora punta será:

$$V_{punta} = C_{max} \cdot T = 19.132,2 \text{ litros}$$

Para conocer el Volumen útil de agua del acumulador se estima que el  $T_p$ , o sea, el tiempo de preparación es de 3 horas.

$$V_u = \frac{C_{max} \cdot T}{1 + \frac{T_p}{T} \cdot \frac{1}{f_m}} = 7.315,11 \text{ litros}$$

Por último con ayuda del factor de mezcla,  $f_m$ , hallamos el volumen efectivo del tanque:

$$V = \frac{V_u}{f_m} = 8.813,37 \text{ litros}$$



Como no existen soluciones comerciales con este volumen, tomaremos la opción de colocar dos tanques de 5.000 litros cada uno. Concretamente serán 2 unidades de la marca Lapesa, modelo Máster Vitro Inox MVV 5000-RB-



Figura 10.7 Aspecto de un tanque de acumulación Lapesa Mester Vitro.  
(Fuente: Lapesa)

Lapesa con sus tomas para conexiones de agua y “boca de hombre” para facilitar las tareas de limpieza y mantenimiento interior

Los depósitos estarán instalados en serie con el esquema que nos indica el CTE.

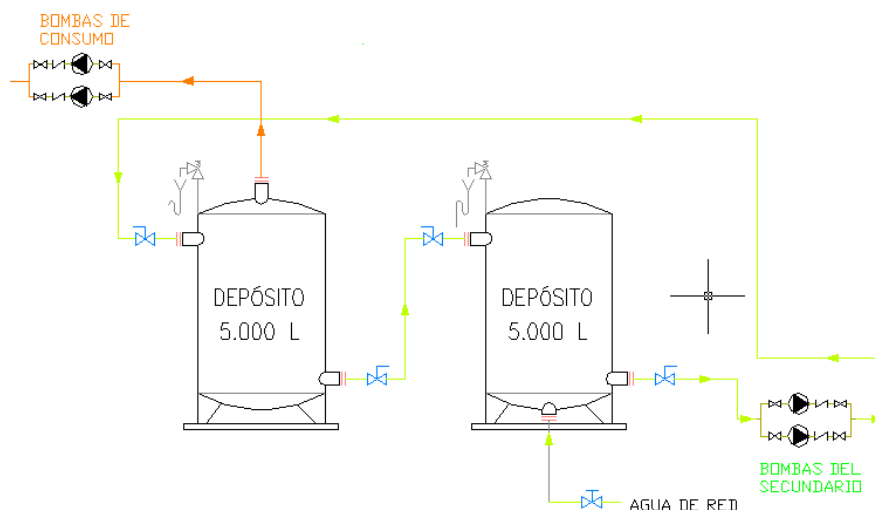


Figura 10.8 Conexionado en serie de los tanques.  
(Fuente: Elaboración Propia)

Además el CTE nos da una orientación con la que comprobaremos que estamos en los parámetros que nos marca. Así el volumen de acumulación debe cumplir esta relación:

$$50 < \frac{V}{A_{\text{colectores}}} < 180$$

Operando, obtenemos:

$$6.820 \text{ litros} < V < 24.552 \text{ litros}$$

Con el valor de 10.000 *litros* estamos dentro del rango y cumplimos con el CTE.

## 10.4 DIMENSIONADO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR.

En la instalación de nuestro proyecto vamos a utilizar para independizar el fluido de trabajo del circuito primario (TYFOCOR) del fluido de trabajo del secundario (AGUA) un intercambiador de calor. Ya que el TYFOCOR es un compuesto químico no apto para el consumo humano y debemos impedir a toda costa que puedan mezclarse. Además evitamos que en el circuito primario, fundamentalmente en el captador solar, aparezcan tanto incrustaciones calcáreas debidas a la cal como la corrosión debido al oxígeno disuelto que contiene el agua de red.

Los intercambiadores de calor permiten la transferencia de calor entre dos fluidos sin contacto directo entre ellos, pudiendo trabajar cada fluido a una presión y caudal diferentes.

Nuestro intercambiador de calor será exterior al depósito de acumulación y de placas. Un intercambiador de placas consiste en una pila de placas de metal, corrugadas, que se mantienen unidas mediante presión en un bastidor y selladas por medio de una junta, de manera que se forman una serie de pasillos interconectados a través de los cuales se hacen circular los fluidos de trabajo. Estos fluidos son impulsados por bombas.

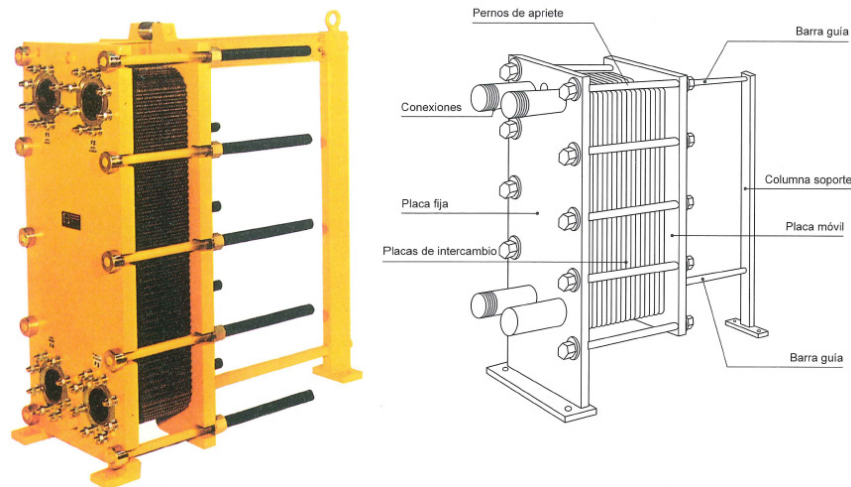


Figura 10.9 Partes de un intercambiador de calor de placas.  
(Fuente: Censolar)

Un intercambiador de placas típico se compone de dos secciones principales:

- El bastidor:

Sus componentes suelen ser de acero al carbono. En las esquinas del bastidor se encuentran las conexiones para la entrada y salida de los fluidos. Tiene la misión de mantener las placas unidas, proporcionando un buen sellado y formando una estructura rígida mediante una serie de barras horizontales que soportan las placas. El sellado se hace por medio de juntas de elastómeros, que se seleccionan de acuerdo con el tipo de servicio, para que sean compatibles con el fluido utilizado, y que se colocan en el borde de las placas rodeando completamente las bocas de los extremos, de manera que el flujo se pueda distribuir de un lado a otro de la placa.

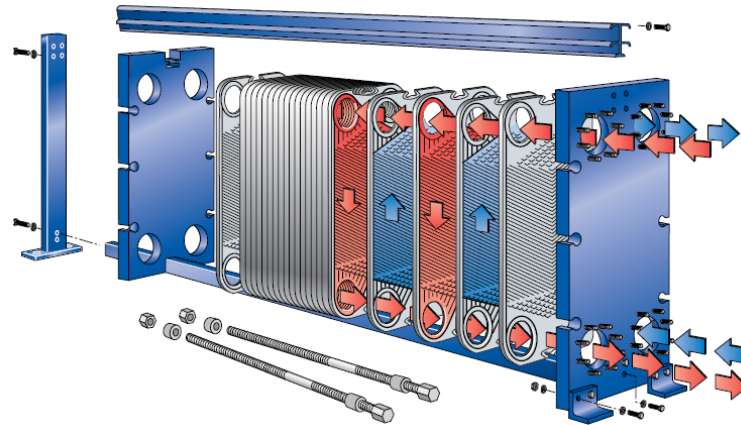


Figura 10.10 Detalle de un bastidor desmontado de un intercambiador de calor de placas.  
(Fuente: Alfa Laval)

- Las placas:

Se fabrican prensando láminas delgadas de gran variedad de aleaciones y metales, resistentes a la corrosión. El más usado es el acero inoxidable aunque en función de los fluidos a tratar y de sus propiedades pueden ser más adecuados unos metales (o aleaciones) que otros. El espesor de las placas está comprendido entre 0,4 mm y 0,9 mm. Con el objeto de aumentar la superficie de transferencia de calor, las placas presentan un relieve corrugado o acanaladuras que ayudan a introducir un alto nivel de turbulencia para velocidades medias relativamente bajas (0,25 m/s a 1 m/s). Este aumento de la superficie varía mucho en función de la forma de las corrugaciones. Gracias a la corrugación de las placas y a la turbulencia se consigue una mejor transferencia de calor. Existen varias formas de corrugaciones pero pueden diferenciarse dos grandes grupos: tipo "intermating" y tipo "chevron". Las corrugaciones de una placa apoyan en distintos puntos con las corrugaciones de la placa adyacente de tal manera que se provee al conjunto de rigidez sin restringir el flujo.

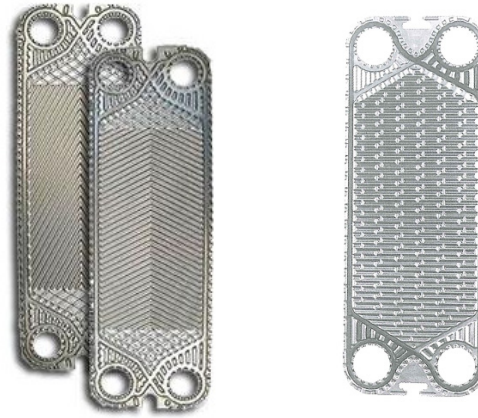
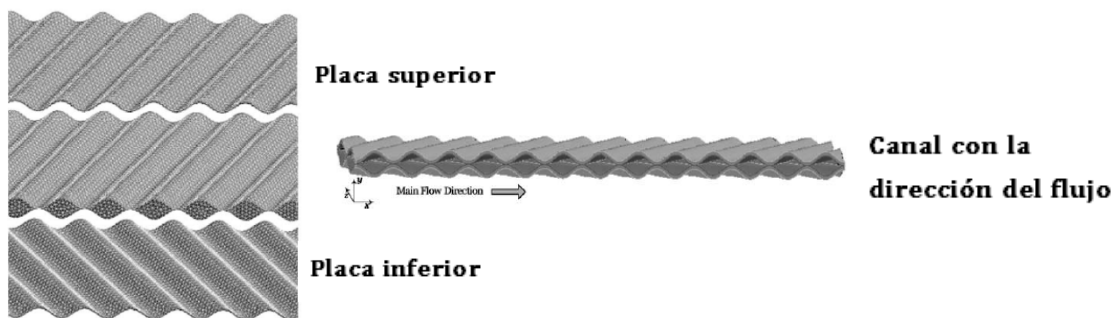


Figura 10.11 Derecha: Placas "Chevron" Izquierda: Placas "Intermating".  
(Fuente: Alfa Laval y Censolar)

Cuando se monta un conjunto completo de placas, la estructura de los canales de flujo es simétrica a ambos lados, ya que los dos lados de la placa son equivalentes.



Para determinar el número de placas se deben conocer los caudales, las propiedades físicas de los fluidos, pérdidas de carga admisibles y programa de temperaturas.

En el funcionamiento del intercambiador de placas los fluidos frío y caliente se introducen por los orificios de conexión y circulan por los canales que se forman entre placas de manera alternativa. Un fluido es conducido por los canales impares mientras que el otro es conducido por los canales pares. Los dos fluidos se encuentran así separados, sin poderse mezclar, por una delgada placa a través de la cual se produce la transferencia de calor.

La distribución de los fluidos por sus canales correspondientes se hace mediante una serie de juntas en los canales impares que no permiten la entrada del fluido que ha de circular por los pares, y en los pares que no permite la entrada del de los impares.

Generalmente, aunque existen múltiples configuraciones, el flujo de ambos fluidos se hace en contracorriente:

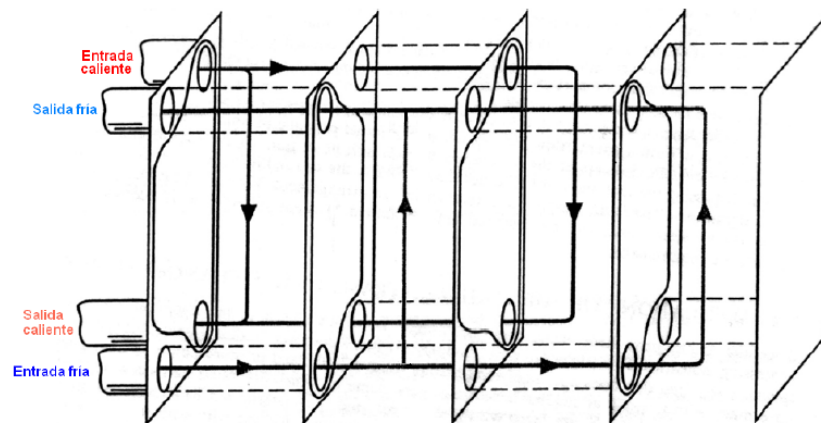


Figura 10.12 Configuración de un intercambiador de calor en contracorriente  
(Fuente: Dto. de Ingeniería Térmica UC3M)

Existen varios tipos de intercambiadores de placas, que se pueden clasificar según sea:

- La forma de unión de las placas:
  - Mediante juntas: Las placas se unen ejerciendo presión entre ellas mediante las barras del bastidor e interponiendo entre ellas juntas para garantizar la estanqueidad. Se desmonta fácilmente desatornillando las barras de unión con lo que las operaciones de mantenimiento y limpieza se pueden efectuar fácilmente.
  - Soldado: Las placas se unen por medio de soldaduras de manera que no se necesitan juntas para garantizar la estanqueidad. La ventaja principal de este tipo de intercambiadores es que pueden utilizarse en aplicaciones donde la presión de trabajo es un problema para las juntas. Por el contrario, presentan el inconveniente principal de que no pueden ser desmontados para su limpieza, ni pueden modificar su número de placas si varían las condiciones del proceso.
  - Semisoldado: Los intercambiadores semisoldados combinan la flexibilidad y servicio de los intercambiadores de juntas con la seguridad contra rotura de los soldados. Consiste en un número par de placas en los que se alternan los canales soldados con los canales delimitados por juntas. Uno de los fluidos circula por los canales soldados mientras que el otro lo hace por el sellado por las juntas. De esta manera tenemos que los canales soldados permiten una mayor presión en su interior, mientras que los de juntas destacan por su facilidad de desmontaje, mantenimiento y limpieza.
- El flujo de los fluidos:
  - Flujo paralelo: ambos fluidos se desplazan en el mismo sentido.

- Flujo contracorriente: el sentido de circulación de un fluido es el contrario al del otro.
- El número de pasos:
  - Un paso.

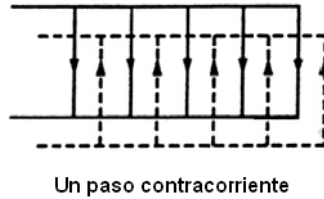


Figura 10.13 Configuración de un intercambiador de calor de un paso.  
(Fuente: Dto. de Ingeniería Térmica UC3M)

- Varios pasos: Normalmente son dos pasos. Pueden ser de dos pasos para cada fluido o tan solo de un paso para uno de ellos y dos para el otro.

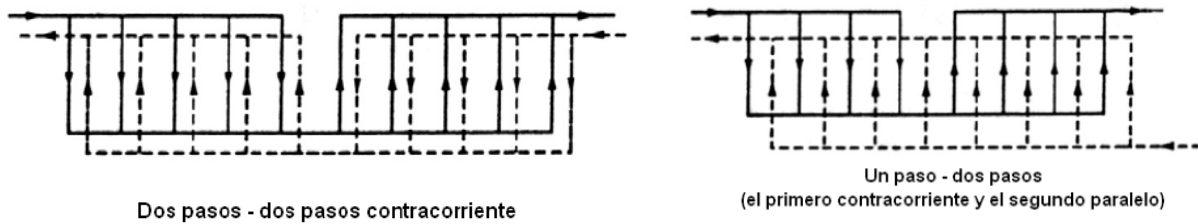


Figura 10.14 Configuraciones de un intercambiador de calor de dos pasos.  
(Fuente: Dto. de Ingeniería Térmica UC3M)

- El número de circuitos de los fluidos:
  - Simple: el fluido circula por un solo circuito.
  - Doble: el fluido se distribuye a través de dos circuitos que son independientes.

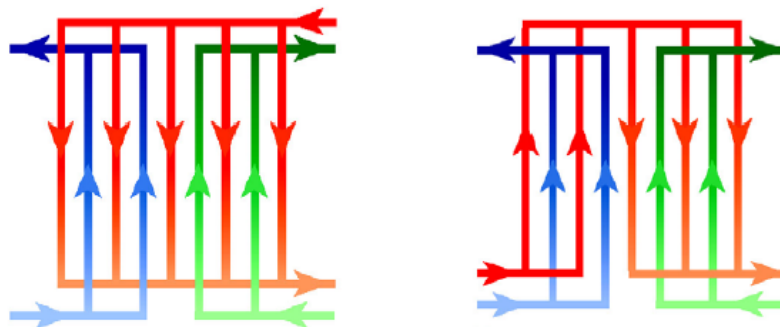


Figura 10.15 Configuraciones de un intercambiador de calor con dos circuitos.  
(Fuente: Dto. de Ingeniería Térmica UC3M)

Los intercambiadores de calor de placas, como todos los elementos de una instalación, presentan ventajas y limitaciones:

- Ventajas:
  - Fácil desmontaje: Las operaciones de mantenimiento y limpieza se efectúan de manera fácil y rápida. Todas las superficies se pueden limpiar fácilmente ya sea por métodos naturales o químicos. Esto implica menores costes de mantenimiento.
  - Mayor coeficiente global de transferencia de calor: Hasta cinco veces superiores a los que se pueden conseguir para los intercambiadores de calor de tubo y carcasa.
  - Menor área de transferencia: Esta característica es muy valiosa cuando la naturaleza del líquido es corrosiva y se requieren materiales muy caros en su construcción.
  - Tamaño compacto: Así el peso y el volumen de la instalación son bajos.
  - Menor inversión: Hasta un 90% menor en coste como consecuencia de necesitar menor área de transferencia.
  - Permiten la aplicación de flujos en contracorriente: en la mayoría de las aplicaciones.
  - Aproximaciones de temperatura más cercanas: Se puede trabajar incluso con diferencias de temperatura de hasta 1 °C, maximizando la posibilidad de recuperación de calor.
  - La simetría en la configuración: Nos permite conocer de antemano con precisión las caídas de presión y la temperatura.
  - Bajo volumen de retención: Genera importantes ahorros cuando se utilizan fluidos costosos, como glicoles y refrigerantes. A su vez es más fácil de drenar.
  - Poca acumulación de suciedad: Lo que representa menores resistencias de ensuciamiento que puedan hacer bajar el coeficiente global de transferencia.
  - Bajo coste de operación: Resultante de la combinación de un elevado coeficiente de transferencia y de la menor acumulación de suciedad.
  - Adaptabilidad y diseño modular: La capacidad puede aumentarse o disminuirse con sólo poner o quitar placas.
  - Amplio rango de funcionamiento: Incluso sin modificar el número de placas este tipo de intercambiadores permite un amplio rango de utilización.
  - Flexibilidad: Pueden adaptarse y ser utilizados para una diversa gama de fluidos y condiciones, incluidos fluidos viscosos.



- Limitaciones:

- Chapa de metal: Esté o no esté ondulada, no es el elemento adecuado para soportar presiones elevadas. Así, los intercambiadores de placas y juntas pueden soportar presiones de unos 10 a 15 bar. El problema no es tan acusado para los termosoldados que pueden llegar a soportar presiones de unos 30 a 32 bar.
- Materiales de las juntas: Son de varios tipos de elastómeros que tienen un límite máximo en su temperatura de funcionamiento, de unos 140 °C. Existen un tipo, los fluorelastómeros, que pueden aumentar el límite hasta los 180 °C a cambio de un mayor coste.
- Canales entre las placas: Debido a su estrechez la caída de presión en un intercambiador de placas es relativamente grande, por lo que es necesario tener en cuenta la inversión y los costes de operación y mantenimiento del sistema de bombeo a la hora de comparar con otros tipos de intercambiadores.
- Distancia entre placas: Al ser tan pequeña, los intercambiadores de calor de placas no funcionan correctamente con líquidos que tengan sólidos de gran tamaño.
- Líquidos tóxicos: No son convenientes para el uso con líquidos tóxicos o altamente inflamables debido a la posibilidad de rotura de las juntas. Los termosoldados no presentan este problema.
- Boca de entrada: Para cada modelo de placa la boca de entrada tiene un tamaño fijo que limita la cantidad de fluidos de alto volumen específico (vapores y gases húmedos) que pueden entrar en el intercambiador, de modo que este tipo de intercambiadores casi nunca se utilizan en servicios con gran condensación.

Una vez presentados los intercambiadores de calor de placas, vamos a proceder a dimensionar nuestro intercambiador de calor.

A partir de los datos conocidos de los fluidos de la instalación: caudales, programa de temperaturas, densidades, viscosidades, etc. Y de las características técnicas de un intercambiador real, vamos a determinar el número de placas que tendrá éste en base a una hipótesis de cálculo, el método de la diferencia efectiva de temperaturas.

Las temperaturas medias anuales son:



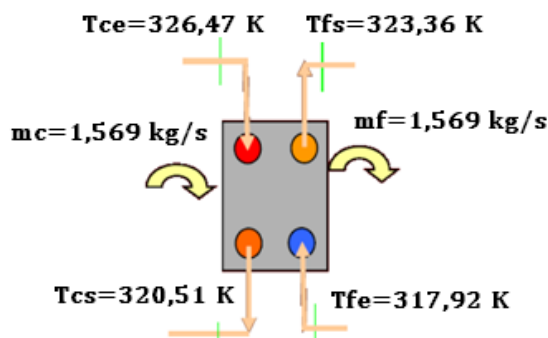


Figura 10.16 Temperaturas anuales en nuestro intercambiador de calor.  
(Fuente: Elaboración Propia)

Siendo:

- $T_{ce}$ : Temperatura de entrada del lado caliente del intercambiador [K]
- $T_{cs}$ : Temperatura de salida del lado caliente del intercambiador [K]
- $\dot{m}_c$ : Gasto másico del circuito primario (lado caliente)  $\left[\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right]$
- $T_{fs}$ : Temperatura de salida del lado frío del intercambiador [K]
- $T_{fe}$ : Temperatura de entrada del lado frío del intercambiador [K]
- $\dot{m}_f$ : Gasto másico del circuito secundario (lado frío)  $\left[\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right]$
- 

Las propiedades de los fluidos primario y secundario, a la temperatura media de trabajo, son:

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
$\rho_1$	1035	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
$C_{p1}$	3771	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
$\mu_1$	$5,175 \times 10^{-3}$	$\text{Pa} \cdot \text{s}$
$k_1$	0,405	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$
$\rho_2$	989,2	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
$C_{p2}$	4176	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
$\mu_2$	$0,596 \times 10^{-3}$	$\text{Pa} \cdot \text{s}$
$k_2$	0,640	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$

Tabla 10.17 Propiedades de los fluidos en nuestro intercambiador de calor.  
(Fuente: TYFOCOR e INCROPERA, Frank P)

Las características técnicas del intercambiador solar elegido son:

ALFA LAVAL M6M			
CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDADES
$a$	Área útil de intercambio por placa	0,15	m <sup>2</sup>
$b$	Distancia entre placas	0,003	m
$L_T$	Altura total de la placa	0,750	m
$w_T$	Anchura total de la placa	0,250	m
$L$	Altura útil de la placa	0,652	m
$W$	Anchura útil de la placa	0,230	m
$e_{\text{placa}}$	Espesor de la placa	0,0006	m
$k_{\text{placa}}$	Conductividad térmica de la placa	16,2	$\frac{W}{m \cdot K}$

Tabla 10.18 Propiedades técnicas del intercambiador de calor.  
(Fuente: ALFA LAVAL)

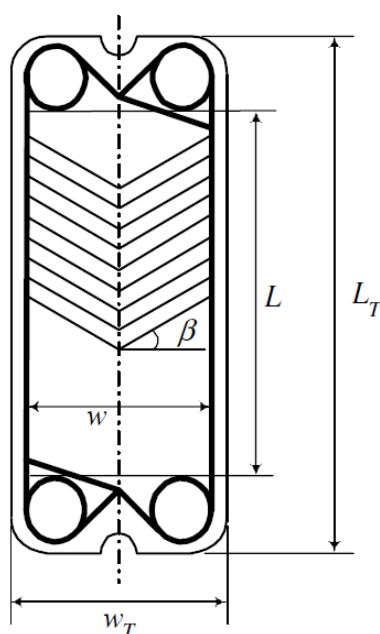


Figura 10.19 Dimensiones de la placa.  
(Fuente: ALFA LAVAL)

Aplicamos:

- Método de la diferencia efectiva de temperaturas.

Vamos a calcular el coeficiente global de transferencia,  $U$ , del intercambiador de calor. Para ello utilizaremos la expresión del flujo de calor que se transfiere del fluido caliente al frío que es:

$$Q = U \cdot A \cdot F \cdot \Delta T_{lm}$$

Siendo:

$U$  el coeficiente global de transferencia de calor  $\left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$

$A$  el área total de transferencia  $[\text{m}^2]$

$F$  es un factor que tiene en cuenta que los extremos del intercambiador presentan la mitad de superficie y transfieren menos calor ( $F_{\text{contracorriente}} = 1$ )

$\Delta T_{lm}$  es la diferencia de temperaturas logarítmica media  $[\text{K}]$

Para calcular  $U$ , debemos aplicar la expresión:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_c} + \frac{e_{\text{placa}}}{k_{\text{placa}}} + \frac{1}{h_f} + 2 \cdot R_{\text{suciedad}}}$$

Siendo:

$h_c$  el coeficiente de convección del fluido caliente  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$

$e_{\text{placa}}$  el espesor de la placa  $[\text{m}]$

$k_{\text{placa}}$  la conductividad térmica de la placa  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$

$h_f$  el coeficiente de convección del fluido frío  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$

$R_{\text{suciedad}}$  es la resistencia térmica de ensuciamiento de las placas  $\left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$

Suponemos una resistencia térmica de ensuciamiento de las placas de  $3 \cdot 10^{-5} \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$

Para calcular los coeficientes de convección, utilizamos la expresión ya conocida:

$$h = \frac{\text{Nu} \cdot k_{\text{fluido}}}{L_c}$$

Siendo:

$k_{\text{fluido}}$  la conductividad térmica del fluido  $\left[ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$

$L_c$  es la longitud característica del canal [m]

La longitud característica se puede expresar como:

$$L_c = \frac{4 \cdot S_c}{P_c} = \frac{4 \cdot b \cdot w_{\text{placa}}}{2 \cdot (b + w_{\text{placa}})} \cong \frac{4 \cdot b \cdot w_{\text{placa}}}{2 \cdot w_{\text{placa}}} = 2 \cdot b$$

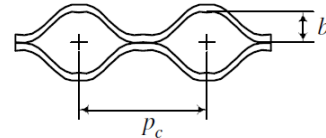
$S_c$  la superficie del canal [ $\text{m}^2$ ]

$P_c$  el Perímetro del canal [m]

$b$  el ancho del canal o distancia entre placas [m]

$w_{\text{placa}}$  Anchura útil de la placa [m]

$b \ll w_{\text{placa}}$



Y el número de Nusselt,  $Nu$ , se puede calcular mediante la correlación para flujo en régimen turbulento que será el que se produzca en los canales de las placas:

$$Nu = 0,4 \cdot Pr^{0,4} \cdot Re^{0,64}$$

Y el número de Reynolds se calcula como:

$$Re = \frac{\rho_{\text{fluido}} \cdot v_{\text{canal}} \cdot L_c}{\mu_{\text{fluido}}}$$

Siendo:

$\rho_{\text{fluido}}$  es la densidad del fluido  $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

$v_{\text{canal}}$  es la velocidad del fluido en los canales del intercambiador  $\left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

$\mu_{\text{fluido}}$  es la viscosidad cinemática del fluido caloportador en el interior de los tubos del colector  $\left[ \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right]$

Conocemos la longitud característica y las demás propiedades, pero no conocemos la velocidad en los canales. Para determinar este valor vamos a suponer inicialmente que nuestro intercambiador de calor tiene 100 placas. Posteriormente con ayuda de la herramienta matemática Mathcad 14 iremos iterando hasta encontrar el número de placas definitivas que tendrá nuestro intercambiador:

$$V_{\text{canal}_c} = \frac{\frac{\dot{m}_c}{\left(\frac{N-1}{2}\right)}}{\rho_c \cdot w_{\text{placa}} \cdot b} = 0,0444 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$V_{\text{canal}_f} = \frac{\frac{\dot{m}_f}{\left(\frac{N-1}{2}\right)}}{\rho_f \cdot w_{\text{placa}} \cdot b} = 0,0464 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Nótese que las velocidades de los canales del lado frío y las de los canales del lado caliente no son iguales ya que aunque el intercambiador es simétrico y el gasto másico del lado frío es igual al gasto másico del lado caliente, las densidades sí varían.

Ya tenemos todos los valores de los coeficientes convectivos:

$$h_c = 1,617 \cdot 10^3 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right] \quad h_f = 3,729 \cdot 10^3 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

Ahora podemos calcular el coeficiente global de transferencia:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{2,182 \cdot 10^3} + \frac{0,0006}{16,2} + \frac{1}{5,031 \cdot 10^3} + 2 \cdot (3 \cdot 10^{-5})} = 1,017 \cdot 10^3 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right]$$

Ahora tendremos que calcular la diferencia de temperaturas logarítmica media para fluidos a contracorriente:

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)} = \frac{(T_{cs} - T_{fe}) - (T_{ce} - T_{fs})}{\ln\left(\frac{T_{cs} - T_{fe}}{T_{ce} - T_{fs}}\right)} = 2,84 \text{ K}$$

Una vez conocida esta temperatura, podemos conocer también el área total de transferencia de calor entre el fluido caliente y el fluido frío:

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T_{lm}} = \frac{\dot{m}_f \cdot c_{p_f} \cdot (T_{fs} - T_{fe})}{U \cdot \Delta T_{lm}} = 12,34 \text{ [m}^2\text{]}$$

Por último, tenemos que comprobar si la suposición que hicimos al principio de 100 placas es correcta:

$$N_{\text{placas}} = \frac{A}{L_{\text{placa}} \cdot w_{\text{placa}}} = 82,312$$

Como podemos comprobar el número de placas no coincide con el considerado. Así que vamos a realizar una serie de iteraciones hasta llegar a la solución correcta. En esta serie de iteraciones nos irá cambiando el U, coeficiente global de transferencia de calor:

Nº DE ITERACIÓN	Nº DE PLACAS INICIALES	VALOR DE $U \left[ \frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	Nº DE PLACAS FINALES
1	100	$1,017 \cdot 10^3$	82,312
2	90	$1,081 \cdot 10^3$	77,424
3	80	$1,157 \cdot 10^3$	71,334
4	70	$1,249 \cdot 10^3$	67,006
5	65	$1,303 \cdot 10^3$	64,239
6	64	$1,314 \cdot 10^3$	63,676
7	<b>63</b>	$1,326 \cdot 10^3$	<b>63,110</b>

Tabla 10.20 Iteraciones en Mathcad 14.  
(Fuente: Elaboración propia)

Tras 7 iteraciones obtenemos que el número de placas que montarán en nuestro intercambiador de calor son 63. Así nuestro intercambiador será un ALFA LAVAL modelo M6 con 63 placas.

Por último vamos a calcular la pérdida de carga que se produce en el intercambiador y que nos servirá para el dimensionado de las bombas y de los vasos de expansión de los circuitos primario y secundario.

La pérdida de carga se calculará como:

$$\Delta P_{intercambiador\_c} = 4 \cdot f_{SF} \cdot \frac{L_{placa}}{L_c} \cdot \frac{\rho_1 \cdot v_{canal\_c}^2}{2} = 530,109 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{intercambiador\_f} = 4 \cdot f_{SF} \cdot \frac{L_{placa}}{L_c} \cdot \frac{\rho_2 \cdot v_{canal\_f}^2}{2} = 554,654 \text{ Pa}$$

Siendo:

$f_{SF}$  el factor de fricción, obtenido a partir de la siguiente ecuación (de Shah y Focke) [–]

$$f_{SF} = C \cdot Re^m$$

Re	C	m
$Re < 10$	17	-1
$10 < Re < 101$	6,29	-0.57
$101 < Re < 855$	1,141	-0.2
$Re > 855$	0,581	-0,1

Tabla 10.21 Coeficientes para la ecuación de Shah y Focke.  
(Fuente: Dto. Ingeniería Térmica UC3M)

## 10.5 DIMENSIONADO DEL SISTEMA AUXILIAR DE ENERGÍA.

La función del sistema auxiliar de energía es la de garantizar que satisface la demanda de A.C.S. en todo momento del año, sirviendo de apoyo en todo momento a la producción solar.

En nuestro caso el sistema de apoyo está formado fundamentalmente por una caldera de condensación de gas y una regulación por medio de una válvula de tres vías que hace un bypass entre la entrada y la salida de la caldera. De esta manera si en el tanque de acumulación se dan las condiciones de suministro, es decir que tengamos agua a 60 °C, el agua no pasará por la caldera e irá directamente a consumo. Mientras que por el contrario, si en el tanque tenemos el agua por debajo de 60 °C, el agua pasará por la caldera hasta que consiga dicha temperatura.

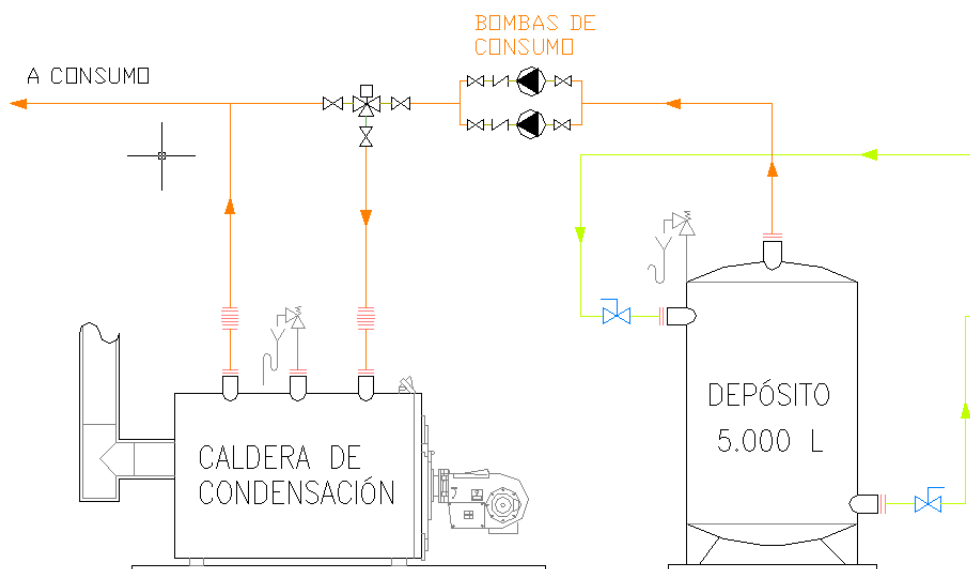


Figura 10.22 Esquema del sistema auxiliar de energía.  
(Fuente: Elaboración propia)

Recordamos los datos para el periodo punta, volumen y energía:

$$V_{punta} = C_{max} \cdot T = 19.132,2 \text{ litros}$$

$$E_{punta} = 4,19 \cdot C_{max} \cdot T \cdot \Delta t$$

La potencia útil del sistema auxiliar de apoyo se puede calcular mediante la expresión:

$$P_{\text{útil}} = \frac{4,19 \cdot C_{max} \cdot T \cdot \Delta t}{T + t_p} = \frac{4,19 \cdot C_{max} \cdot \Delta t}{1 + \frac{t_p}{T} \cdot f_f} = 178,6 \text{ kW}$$

Para nuestra instalación seleccionamos una caldera de condensación de gas de la marca Viessmann, modelo Vitoplex 200 de 200 kW de potencia.

Para obtener la pérdida de carga de la caldera entramos en la gráfica que nos da el fabricante con el caudal que circula por el circuito primario:

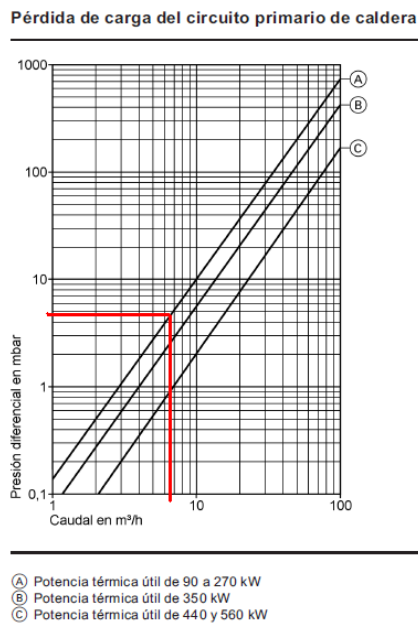
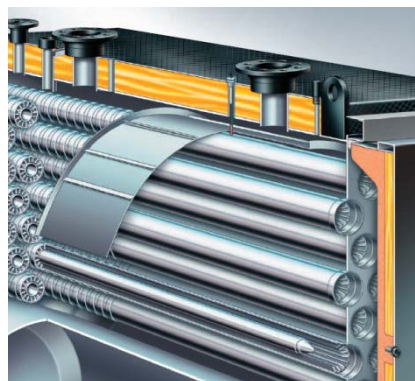


Tabla 10.23 Pérdida de carga en el circuito primario de la caldera.  
(Fuente: Viessmann)

$$\Delta P_{caldera} = 4,8 \text{ mbar} = 0,049 \text{ m. c. a.}$$

Esta caldera de tres pasos de humos ofrece en toda la gama de potencias la condición indispensable para una combustión respetuosa con el medio ambiente y poco contaminante. Tiene una carga de la cámara de combustión más baja y de ahí que la combustión sea poco contaminante y las emisiones de óxidos de nitrógeno especialmente bajas.



Fotografía 10.24 Caldera Viessman Vitoplex 200. Detalle de los pasos de humos.  
(Fuente: Viessmann)



## 10.6 DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS Y LOS AISLAMIENTOS.

Para el correcto dimensionado de las tuberías como ya se conocen los caudales que circulan, debemos calcular las pérdidas por fricción. Estas pérdidas se darán fundamentalmente por la fricción del fluido con las paredes del tubo que lo contiene – las pérdidas en los tubos – y las que se dan en los accesorios, válvulas, codos, reducciones, bifurcaciones – como consecuencia de los estrechamientos y cambios de dirección del fluido.

El material elegido tanto para el circuito primario como para el secundario es cobre, por ser un material idóneo para instalaciones solares, fácil de soldar y económicamente competitivo.

Conocido el caudal y como primera aproximación estimativa del diámetro mínimo para la tubería tomamos la expresión:

$$D = j \cdot C^{0,35}$$

Siendo:

D es diámetro [cm]

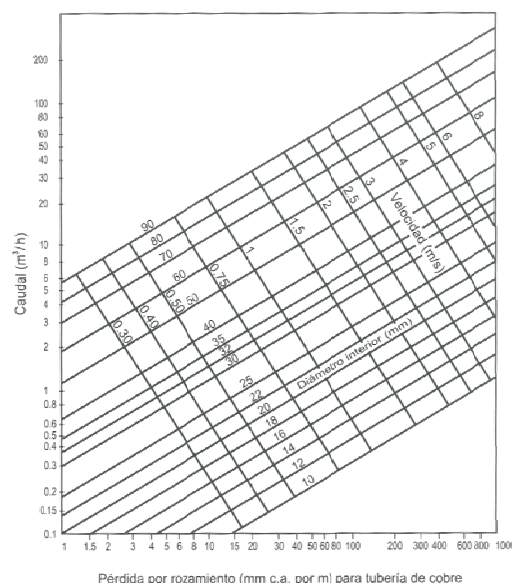
C es el caudal  $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right]$

j parámetro, para tuberías metálicas 2,2 [-]

### ▪ CIRCUITO PRIMARIO SOLAR

#### Diámetro y pérdida de carga:

Aplicando la expresión anterior con los diámetros comerciales de tubería entramos en el ábaco de pérdidas de carga:



El Documento Básico de Ahorro del Energía del CTE nos indica que las velocidades del fluido en tuberías metálicas deben estar comprendidas entre 0,5 m/s y 2 m/s.

Con todos los datos elaboramos la siguiente tabla:

Localización	Longitud	$D_{ext}/D_{int}$	Caudal $\left[\frac{m^3}{h}\right]$	Velocidad $\left[\frac{m}{s}\right]$	Rozamiento mm.c.a/m	$\Delta P [m. c. a]$
Verticales y sala de calderas	140	42/40	5,648	1,27	40	5,6
Distribución campo solar	55	35/32,6	3,734	1,24	50	2,75
Distribución campo solar	40	28/25,6	1,913	1,03	50	2
Distribución campo solar	22	22/19,6	1,002	0,92	50	1,1
Grupo de 6 colectores	50	22/19,6	0,547	0,50	20	1
Grupo de 4 colectores	8	18/16	0,364	0,50	25	0,2
Grupo de 3 colectores	15	15/13	0,273	0,57	30	0,45

Tabla 10.25 Resumen de pérdidas de carga y velocidades en tuberías del primario.  
(Fuente: Elaboración propia)

Además, se deben considerar las pérdidas de carga debidas a los accesorios y singularidades, a saber: codos, válvulas, derivaciones en T, reducciones, válvulas, etc.... Para ello usaremos la siguiente tabla 10.26 de longitudes equivalentes:

Denominación del accesorio o singularidad	$L_E$
Codos de 45°	0.7
Codos de 90°, radio pequeño	1.5
Codos de 90°, radio grande	0.8
Contador a turbina	5
Contracciones bruscas de 4:1	0.9
Contracciones bruscas de 2:1	0.7
Contracciones bruscas de 4:3	0.5
Curva de 90°	0.4
Ensanchamiento brusco de 1:4	1.6
Ensanchamiento brusco de 1:2	1.1
Ensanchamiento brusco de 3:4	0.5
Entrada a depósito	1.5
Derivación en T	2.2
Reducción cónica suave	0.5
Válvula de compuerta abierta	1
Válvula de bola abierta	1
Válvula de mariposa abierta	1
Válvula de asiento abierta	5
Válvula de retención de clapeta oscilante	10
Válvula de retención de muelle y obús o bola	50
Uniones lisas	0.1
Uniones diversas	0.8

Tabla 10.26 Tabla de longitudes equivalentes.  
(Fuente: Censolar)

Sumando todas las longitudes equivalentes y aplicando un coeficiente de seguridad las pérdidas por los accesorios y singularidades representan un aumento del 20 % de la longitud de la tabla 10.25.

$$\Delta P_{tuberías\ primario} = 1,2 \cdot \sum Perdidas\ tuberías\ primario = 15,71\ m.c.a.$$

#### Aislamiento exterior:

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios RITE, nos proporciona una expresión para el cálculo del espesor mínimo de aislante en tuberías de sección circular:

$$d = \frac{D}{2} \cdot \left[ e^{\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \ln \left[ \frac{D+2 \cdot d_{ref}}{D} \right]} - 1 \right]$$

Siendo:

$\lambda_{ref}$  la conductividad térmica de referencia  $0,04 \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$  a  $10\ ^\circ C$

$\lambda$  la conductividad térmica del material empleado  $0,036 \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$

$d_{ref}$  el espesor mínimo de referencia [mm]

$d$  el espesor mínimo del material empleado [mm]

$D$  el diámetro interior del material empleado [mm]

El espesor mínimo de referencia se obtiene del RITE. Depende de si el fluido circula por el interior del edificio o por el exterior. También depende de las temperaturas, es decir de si es un fluido frío o un fluido caliente. Como el rango de temperaturas es amplio vamos a tomar como diámetro de referencia el mayor que nos dé el RITE.

Localización	Temperatura del fluido [ $^\circ C$ ]	$D_{ext}/D_{int}$	$d_{ref}$ [mm]	$d$ [mm]
Verticales y sala de calderas	0-100	42/40	50	42
Distribución campo solar	0-100	35/32,6	40	33
Distribución campo solar	0-100	28/25,6	40	33
Distribución campo solar	0-100	22/19,6	40	33
Grupo de 4 colectores	0-100	18/16	40	32
Grupo de 3 colectores	0-100	15/13	40	32

Tabla 10.27 Resumen de espesores para aislamientos de tuberías del primario.  
(Fuente: Elaboración propia)

Para nuestra instalación se utilizarán coquillas de aislamiento de marca Armaflex, modelo SH. Son coquillas de espuma elastomérica a base de espuma de caucho sintético flexible con estructura celular cerrada. Su aplicación está indicada en instalaciones de calefacción y energía solar térmica, ya que cumple con los requisitos que establece el RITE.

Se recomienda que las tuberías que discurran por el exterior del edificio, una vez colocada la coquilla de aislamiento exterior se protejan con chapa de aluminio de espesor 0,8 mm. Ésta es fácil de trabajar con ese espesor y proporciona una protección al material aislante tanto de los agentes meteorológicos como la lluvia, el viento, las heladas y granizadas así como de la radiación solar.



Fotografía 10.28 Detalle de coquilla de aislamiento con protección de chapa de aluminio.  
(Fuente: Solarpraxis)

Nuestro campo solar tendrá una apariencia como la que se ve en la siguiente imagen 10.28. Donde los colectores aparecen sobre una estructura con su ángulo de inclinación y las tuberías y las válvulas y accesorios están aislados y protegidos con la chapa de aluminio.



Fotografía 10.29 Campo solar con tuberías y valvulería aislada y protegida con chapa de Al.  
(Fuente: EurObservER)

## ▪ CIRCUITO SECUNDARIO ACUMULACIÓN

Igual que hicimos para el primario, resolvemos para el secundario.

Localización	Longitud	$D_{ext}/D_{int}$	Caudal $\left[\frac{m^3}{h}\right]$	Velocidad $\left[\frac{m}{s}\right]$	Rozamiento mm.c.a/m	$\Delta P$ [m. c. a]
Sala de calderas	30	42/40	5,648	1,27	40	1,2

Tabla 10.30 Resumen de pérdidas de carga y velocidades en tuberías del secundario.  
(Fuente: Elaboración propia)

Además, se deben considerar aquí también las pérdidas de carga debidas a los accesorios y singularidades. Usaremos la ya conocida tabla 10.26 de longitudes equivalentes.

Sumando todas las longitudes equivalentes y aplicando un coeficiente de seguridad las pérdidas por los accesorios y singularidades representan un aumento del 50 % de la longitud de la tabla 10.30.

$$\Delta P_{tuberías\ secundario} = 1,5 \cdot \sum \text{Pérdidas tuberías secundario} = 1,8 \text{ m. c. a.}$$

### Aislamiento exterior:

Aunque el circuito secundario discurre por la sala de calderas también se debe aislar. Incluso en algunas instalaciones se protegen los tubos en el interior de los edificios con chapa de aluminio, evitado así que la coquilla aislante se dañe por golpes y rozaduras.

Localización	Temperatura del fluido [°C]	$D_{ext}/D_{int}$	$d_{ref}$ [mm]	d [mm]
Sala de calderas	0-100	42/40	50	42

Tabla 10.31 Resumen de espesores para aislamientos de tuberías del secundario.  
(Fuente: Elaboración propia)

## 10.7 DIMENSIONADO DE LAS BOMBAS.

El transporte del fluido caloportador del circuito primario desde los captadores hasta el intercambiador de calor y desde éste hasta el almacenamiento se realiza con la ayuda de bombas hidráulicas. Son elementos accionados por un motor eléctrico, capaces de suministrar al fluido una cantidad de energía con el fin de vencer las resistencias que oponen la fricción con las tuberías y las caídas de presión en los elementos y accesorios de los circuitos.

Para sistemas de energía solar se emplean normalmente bombas centrífugas. En estas, el fluido entra por el orificio de aspiración que se encuentra en el centro del rodete, siendo aspirado y llevado a los álabes. El fluido gana energía debido al movimiento de rotación producido por un motor eléctrico.

Los álabes desprenden el fluido tangencialmente mediante la fuerza centrífuga y lo conducen hacia la cámara de presión. El fluido ya presurizado sale por el orificio de impulsión.

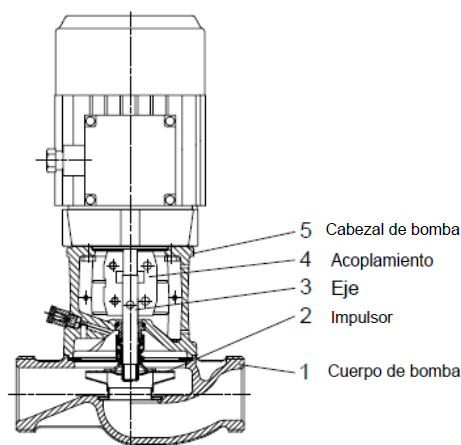


Figura 10.32 Partes de una bomba.  
(Fuente: Grundfos)

Dentro de las bombas centrífugas existen tres tipos bien diferenciados:

- De rotor sumergido. Existe un único eje que une el rodete de la bomba con el rotor.
- Monobloc. El rodete y el eje forman un conjunto que se puede separar del cuerpo de la bomba.
- Acoplamiento motor-bomba en ejes distintos. El motor eléctrico se encuentra separado del cuerpo de la bomba por un acoplamiento.

#### ▪ CIRCUITO PRIMARIO SOLAR

Para seleccionar la bomba del circuito primario debemos conocer:

- La pérdida de carga total del circuito:

Esta se calcula sumando las pérdidas de carga de todos los elementos del circuito: tuberías, colectores, intercambiador de calor, accesorios y aerodisipador. La pérdida de carga del disipador y de los colectores las tomamos de los catálogos de los fabricantes (que se pueden consultar en el Anexo II de este proyecto), mientras que la de las tuberías y la del intercambiador de calor las hemos calculado previamente.

La bomba se debe dimensionar también para que pueda trabajar en los momentos en los que sea necesario disipar los excesos de energía:

$$H_{bomba} = \frac{\Delta P_{primario}}{g \cdot \rho_{fluido}}$$

Siendo:

- $\Delta P_{primario}$  la pérdida de carga del circuito primario [Pa]
- $g$  la aceleración de la gravedad  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$
- $\rho_{fluido}$  la densidad del fluido  $\left[\frac{m^3}{kg}\right]$

Sumando todas las pérdidas de carga que se producen en el circuito primario se tiene:

$$\Delta P_{primario} = \Delta P_{disipador} + \Delta P_{intercambiador} + \Delta P_{tuberia} + \Delta P_{colectores}$$

$$\Delta P_{primario} = 49.850 \text{ Pa} + 554,654 \text{ Pa} + 154.062 \text{ Pa} + 2.365,5 \text{ Pa} = 206.832,154 \text{ Pa}$$

Con lo que la altura manométrica de la bomba,  $H_{bomba}$  es:

$$H_{bomba} = 20,39 \text{ m}$$

- El caudal que tiene que impulsar será:

$$Q_{bomba} = \frac{\dot{m}_1}{\rho_{fluido}}$$

Siendo:

- $\dot{m}_1$  el gasto másico del circuito primario  $\left[\frac{kg}{s}\right]$

-  $\rho_{\text{fluido}}$  la densidad del fluido  $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}\right]$

$$Q_{\text{bomba}} = 5,46 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Con estos dos parámetros tenemos definida nuestra bomba del primario. En nuestra instalación hemos previsto que el bombeo sea redundante. Es decir, tendremos 2 bombas en paralelo en cada bombeo. Con esto evitamos que una avería deje sin servicio la instalación y se pueda producir una avería mayor al elevar en exceso la temperatura del campo solar

La bomba elegida para el circuito primario es de la marca GRUNDFOS, modelo TPE 40-270/2-S A-F-A.



Figura 10.31 Bomba Grundfos TPE.  
(Fuente: Grundfos)

#### ▪ CIRCUITO SECUNDARIO SOLAR

De la misma manera en el circuito secundario solar tendremos, sumando todas las pérdidas de carga:

$$\Delta P_{\text{secundario}} = \Delta P_{\text{intercambiador}} + \Delta P_{\text{tubería}}$$

$$\Delta P_{\text{primario}} = 554,654 \text{ Pa} + 17.652 \text{ Pa} = 18.206,654 \text{ Pa}$$

Con lo que la altura manométrica de la bomba,  $H_{\text{bomba}}$  es:

$$H_{\text{bomba}} = 1,86 \text{ m}$$



- El caudal que tiene que impulsar será:

$$Q_{bomba} = \frac{\dot{m}_2}{\rho_{agua}}$$

Siendo:

- $\dot{m}_1$  el gasto másico del circuito secundario  $\left[\frac{kg}{s}\right]$
- $\rho_{agua}$  la densidad del fluido  $\left[\frac{m^3}{kg}\right]$

$$Q_{bomba} = 5,64 \frac{m^3}{h}$$

Con estos dos parámetros tenemos definida nuestra bomba del secundario. También aquí se prevé un bombeo redundante.

La bomba elegida para el circuito secundario es de la marca GRUNDFOS, modelo MAGNA 50-100 F.

## 10.8 DIMENSIONADO DE LOS SIATEMAS DE EXPANSIÓN.

El sistema de expansión cumple la misión de absorber las variaciones de volumen que tiene el fluido caloportador del primario y el agua del secundario como consecuencia de las variaciones de temperatura.

Así los sistemas de expansión compensan estos excesos y los elementos que componen la instalación no llegan a sobrepasar su presión nominal de trabajo. Es por tanto un sistema de protección.

En nuestra instalación vamos proyectar tanto para el circuito primario como para el circuito secundario vasos de expansión cerrados. Consisten en un recipiente metálico que está conectado a las tuberías y que alberga en su interior una membrana de material elástico formando una cámara de aire. Al aumentar la presión del circuito conectado, el agua a través de la membrana comprime el aire compensando así el exceso de volumen.

### ▪ CIRCUITO PRIMARIO SOLAR

En el circuito primario las temperaturas que se alcanzan pueden ser muy elevadas, si se opta por membranas cuyo material de resista bien las temperaturas elevadas, estas suelen ser bastante porosas al oxígeno. Con lo que la durabilidad del vaso se ve comprometida. Por otra parte, si se usan membranas cuyos materiales no dejen pasar el oxígeno, estos no soportan las elevadas temperaturas.

Una solución a este problema es la colocación de un vaso tampón o depósito de estratificación entre la tubería dónde se conecta el vaso y el vaso de expansión propiamente dicho. Así en este depósito se estratificarán las temperaturas y cederá también calor al exterior, con lo que las temperaturas que llegan a la membrana siempre son menores que al principio. Evidentemente este depósito no se debe aislar y debe ser esbelto para favorecer la estratificación:



Figura 10.32 Vaso de expansión con depósito de estratificación.  
(Fuente: Solarpraxis)

Para calcular el vaso de expansión del circuito primario, comenzaremos por saber cuál es el volumen de fluido contenido en el circuito primario.

CIRCUITO PRIMARIO SOLAR	VOLUMEN	VOLUMEN
	[litros]	[m <sup>3</sup> ]
Tuberías	268,28	0,268
Colectores	99,2	0,992
Intercambiador de calor	13,04	0,130
Total	380,52	0,380

Tabla 10.33 Tabla resumen de volumen del primario.  
(Fuente: Elaboración propia)

El volumen total de fluido TYFOCOR que hay en el circuito primario es de 380, 52 litros.

$$V_t = 380,52 \text{ litros}$$

Este volumen se expandirá al calentarse. Así, la diferencia entre el volumen que ocupa el líquido en estado frío y la que ocupa cuando está caliente se llama volumen de dilatación. El fabricante de TYFOCOR nos suministra una tabla para el coeficiente de dilatación  $\alpha$ :

$$V_d = V_t \cdot n$$

Para obtener este coeficiente de dilatación entramos en las tablas con el salto de temperatura máximo que encontraremos en el primario que será de aproximadamente 52 K. Con lo que queda un volumen de dilatación del agua de:

$$V_d = 380 \cdot 0.0155 = 4,37 \text{ litros}$$

Además, para el cálculo del vaso de expansión debemos considerar el denominado volumen de reserva. Es el que se utiliza para compensar las pérdidas que se pueden producir en la purga de la instalación para eliminar el aire en el llenado posterior a la puesta en marcha de la instalación, ya sea la inicial o la que se produce tras una avería. También se utiliza para determinar la contracción del fluido a temperaturas muy bajas y esto será lo que utilizamos para calcularlo ya que conocer a priori las purgas es muy complicado. En nuestro caso considerando la media de la temperatura ambiente y la mínima histórica tenemos un salto de 30 K. Con lo que tenemos:

$$V_r \approx V_t \cdot \text{coef dilatación} \cdot 30 \text{ K} = 2,5 \text{ litros}$$

En la instalación también puede producirse vapor, este ocupará un volumen que se puede estimar que es el volumen de los colectores.

$$V_{\text{vapor}} = V_{\text{colectores}} = 92,2 \text{ litros}$$

El volumen útil del vaso de expansión del primario equivale a la suma del volumen de dilatación, el volumen de reserva y el volumen vapor.

$$V_u = V_d + V_r + V_{\text{vapor}} = 99 \text{ litros}$$

El volumen nominal del vaso de expansión debe ser mayor que el volumen útil, debido a que la presión en el lado del gas aumenta al entrar el líquido caliente del circuito primario. La relación entre el volumen nominal y el volumen útil del vaso viene determinada por la expresión:

$$V_n = F_p \cdot V_u$$

Donde el factor de presión se define como el cociente entre la presión final, expresada como presión absoluta, y la diferencia entre la presión final y la presión inicial:

$$F_p = \frac{P_{\text{final}} + 1}{P_{\text{final}} - P_{\text{gas}}}$$

El factor de presión se calcula con la presión inicial en el lado del gas del vaso en vez de en el lado del fluido. La diferencia entre ambas presiones se conoce como la presión equivalente del volumen de reserva  $P_{vr}$ .

La presión estática se obtiene en función de la diferencia de cotas máxima, entre la sala de calderas y el campo solar.

$$P_{est} = \Delta h \cdot (1 \text{ bar} / 10 \text{ m}) = 30 \cdot (1 \text{ bar} / 10 \text{ m}) = 3 \text{ bar}$$

Para evitar que entre aire en el circuito se fija una presión mínima en el estado frío del sistema  $P_{mf}$ , que se tomará como referencia el punto más alto de la instalación. O sea, el borde superior del captador. Por el tamaño de la instalación consideraremos como presión mínima en el estado frío 1 bar.

$$P_{mf} = 1 \text{ bar}$$

La presión inicial en el lado del gas del vaso se calcula sumando la presión estática con la mínima en el estado frío.

$$P_{gas} = P_{mf} + P_{est} = 4 \text{ bar}$$

La presión nominal de la válvula de seguridad es un límite de presión que no se debe superar en la normal operación de la instalación. Para elegir esta presión nominal de seguridad hemos de tener en cuenta cuál es la presión de trabajo nominal de todos los componentes del circuito primario y elegirla acorde a esta.

$$P_{vs} = 10 \text{ bar}$$

Para que no se produzca un disparo falso de la válvula de seguridad, se deja un margen entre la presión nominal de la válvula de seguridad y la presión máxima del sistema. Este margen se fija como un 10% de la presión nominal de la válvula de seguridad, con un mínimo de 0,5 bar.

$$\Delta P \geq 0,1 \cdot P_{vs} = 0,1 \cdot 10 \text{ bar} = 1 \text{ bar}$$

La presión final o presión máxima del sistema se establece como:

$$P_{final} = P_{vs} - \Delta P = 9 \text{ bar}$$

Como ya se conoce cuál es el volumen de reserva, se puede calcular cual es la presión equivalente que ejerce este volumen. Y con esta presión equivalente podemos calcular la presión inicial de la instalación.

$$P_{vr} = (P_{final} - P_{gas}) \cdot \frac{V_r}{V_u} = 0,126 \text{ bar}$$

La presión inicial en el lado del gas de la instalación, es la presión del gas más la presión del volumen de reserva:

$$P_{inicial} = P_{gas} + P_{vr} = 4,126 \text{ bar}$$

Por lo tanto ya podemos determinar el factor de presión:

$$F_p = \frac{P_{final} + 1}{P_{final} - P_{gas}} = 2$$

Conocido ya el factor de presión se puede obtener el volumen mínimo del vaso de expansión como:

$$V_{n \text{ vaso primario}} > F_p \cdot V_u = 198 \text{ litros}$$

Para el circuito primario de nuestra instalación se va a emplear un vaso de expansión de 200 litros de la marca PNEUMATX, modelo STATICO SU 200.

#### ▪ CIRCUITO SECUNDARIO

En el circuito secundario existe un gran volumen de agua contenida en los depósitos, realizando los cálculos con la metodología descrita anteriormente y sabiendo que ahora el fluido es agua y no un glicol se obtiene:

$$V_{n \text{ vaso secundario}} > 271 \text{ litros}$$

Para el circuito secundario de nuestra instalación se va a emplear un vaso de expansión de 300 litros de la marca PNEUMATX, modelo STATICO SU 300.

## 10.9 CONTROL Y REGULACIÓN.

Como ya hemos visto la producción de energía solar térmica y la demanda de A.C.S. no son simultáneas, para paliar esta situación instalamos los tanques de acumulación y la fuente auxiliar de energía. Pero todos estos elementos necesitan ser controlados y regulados a fin de obtener el mejor aprovechamiento de la energía solar captada.

El sistema de control y regulación es el encargado también de proteger a la instalación. Vigila que no se alcancen las máximas temperaturas a las que pueden trabajar los materiales de los componentes de las instalaciones, principalmente en el primario solar para no llegar nunca a la temperatura de estancamiento de los colectores. En caso de que la temperatura se eleve demasiado y lleguen las presiones a valores próximos a las máximas del colector, actuarían las válvulas de seguridad.

Igualmente impide que se llegue a temperaturas mínimas de congelación, accionando las bombas del primario para llevar el calor de la acumulación y proteger así contra las heladas.

El sistema de control y regulación consta de varios elementos, principalmente:

- Sondeas de temperatura.



Fotografía 10.34 Sonda de temperatura.  
(Fuente: Solarpraxis)

- Sondeas de presión.
- Válvulas de seguridad.
- Estados marcha/paro de los elementos eléctricos
- Válvulas de 3 vías.
- Una centralita electrónica de control en la que se reciben las señales de las sondas y los estados. En base a una programación se regula el funcionamiento de la instalación.

Además, en función de la inversión que se quiera realizar el sistema de control puede estar monitorizado y verse en todo momento mediante un interfaz con ventanas gráficas en un ordenador los parámetros a controlar. Se puede llevar así un mejor seguimiento de la energía aprovechada.

## 10.10 VALVULERÍA Y ACCESORIOS.

La instalación solar, aparte de los elementos ya descritos y dimensionados, consta de otros pequeños componentes necesarios para el buen funcionamiento de la instalación. Destacamos los más importantes:

-Válvulas de corte y seccionamiento. Son válvulas que se instalan a la entrada y salida hidráulica de los principales componentes de la instalación. Su misión es la de aislar una parte del circuito para intervenir por avería o mantenimiento sin tener que vaciar todo el fluido del circuito.



Figura 10.35 Válvula de corte.  
(Fuente: ARCO)

-Manómetro y termómetros. Son los elementos encargados de darnos las lecturas de presión y temperatura en los puntos requeridos.



Figura 10.36 Manómetro.  
(Fuente: ROCA)

-Purgadores. Son los encargados de expulsar el aire que pueden tener los circuitos y que perjudican el intercambio térmico y el transporte del fluido caloportador. Se colocan en los puntos más altos de la instalación para que se produzca la desaireación de forma natural. Dejan salir el aire pero no el fluido que circula.

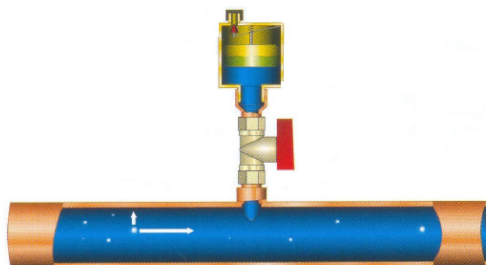


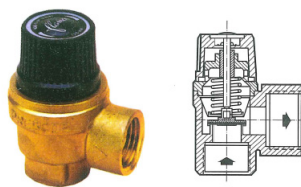
Figura 10.37 Colocación del purgador.  
(Fuente: Solarpraxis)

Los purgadores para instalaciones solares se diferencian de los de purgadores para instalaciones de calefacción en las temperaturas de trabajo. Por regla general están claramente identificados:



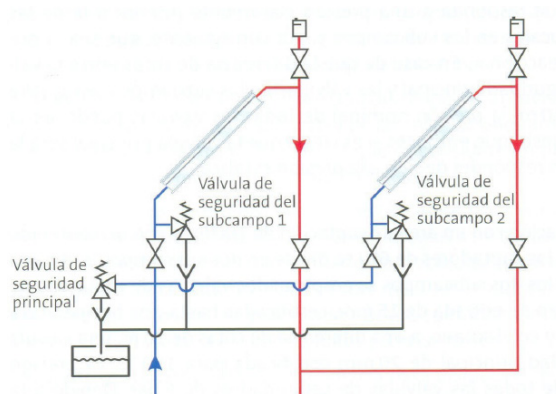
Figura 10.38 Purgador para instalación solar.  
(Fuente: Censolar)

-Válvulas de seguridad. Se encargan de que la presión no sobrepase nunca de máxima de trabajo de los elementos. Cada grupo de colectores llevará una.



Posicionado de las válvulas de seguridad  
(Fuente: Censolar)

Véase dónde se deben colocar las válvulas de seguridad en el los grupos de colectores. En la toma inferior del colector para garantizar que trabajan con líquido y las presiones no estén falseadas.



Posicionado de las válvulas de seguridad  
(Fuente: Solarpraxis)



## 11. ANÁLISIS DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.

En las instalaciones de Agua Caliente Sanitaria convencionales la única fuente de energía suelen ser los combustibles fósiles. Estos, ya sean carbón, gasóleo o gas natural, se queman en la caldera obteniendo por un lado la energía útil para satisfacer las necesidades de A.C.S. y por otro las emisiones de gases por la chimenea.

Los productos de la combustión están formados principalmente por  $\text{CO}_2$ , CO, vapor de agua,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , cenizas, hollín e inquemados.

Uno de los objetivos fundamentales de la presente instalación solar térmica de baja temperatura es conseguir la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con una instalación convencional. Sin perjuicio del nivel de confort que dan las instalaciones convencionales.

El efecto invernadero se produce cuando los gases que se encuentran en las capas bajas de la atmósfera sirven de barrera a la radiación infrarroja procedente de la tierra. Esto produce que la superficie de la tierra no se enfríe como debiera. Las consecuencias de este efecto son ampliamente discutidas, aunque muchos estudios indican que están relacionadas con el aumento de la temperatura media de la atmósfera. Dentro de los gases de la combustión el principal causante del efecto invernadero es el  $\text{CO}_2$ .

Un instrumento para combatir el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero es el Protocolo de Kioto. Este documento fue firmado en diciembre de 1997 y tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases que provocan el calentamiento global, a saber: el dióxido de carbono, el metano, el óxido nítrico y tres gases fluorados: hidrofluorocarbonados, perfluorocarbonados y hexafluoruro de azufre; en una cantidad del 5% tomando como referencia las emisiones del año 1990. Para realizar esta reducción el protocolo de Kioto se marcaba un horizonte temporal que va desde 2008 a 2012.

El protocolo de Kioto implica para España que el promedio de las emisiones de gases de efecto invernadero en el periodo ya descrito desde 2008 a 2012 no superar en más de un 15% las del año base 1990.

En el caso de España las emisiones de gases de efecto invernadero en el año 2009 disminuyeron un 8,7% respecto al año anterior. Este descenso es debido a una doble componente: en primer lugar la crisis económica que atravesamos y en segundo lugar la aportación de las energías renovables.

Las emisiones del año base eran 289,8 millones de toneladas de  $\text{CO}_2$  equivalente, con lo que el incremento del 15% supondría una cifra de emisiones de 333,2 millones como media de los años de 2008 a 2012. Las emisiones en el año 2009 fueron de 370,4 millones, lo que supone un incremento sobre el año base del 27,82%.

Como podemos ver en el siguiente gráfico los objetivos aún están lejos de cumplirse, si remonta la economía es de prever que aumenten las emisiones como resultado de la

actividad industrial y del consumo energético. Así cada vez debe tomar más peso las medidas que impliquen el ahorro, la eficiencia energética y el uso de energías renovables:

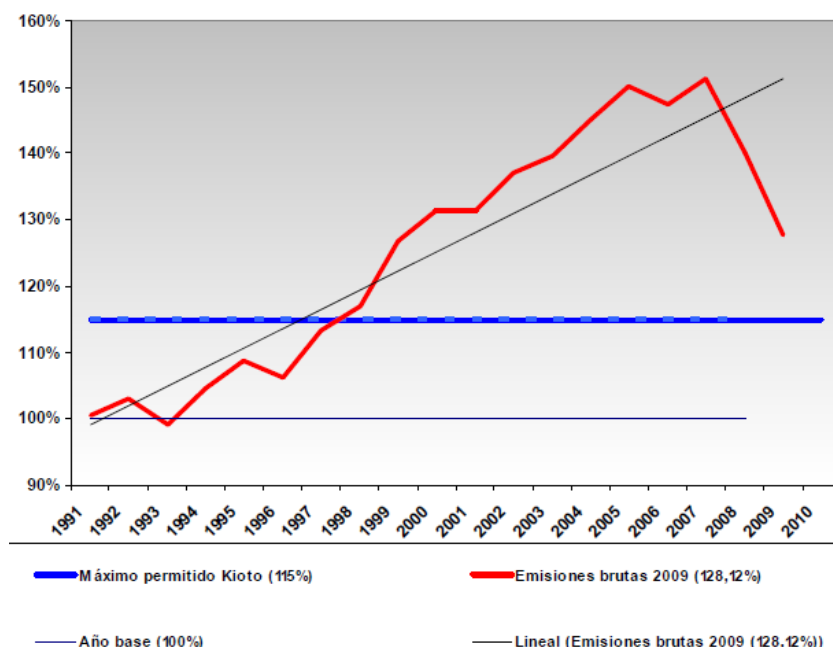


Figura 11.1 Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero desde 1990 a 2009.  
(Fuente: Revista World Watch)

La energía solar térmica baja temperatura es un recurso renovable con el que podemos ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además es una energía que se genera in situ, por lo que no requiere transporte con sus pérdidas asociadas ni grandes infraestructuras.

Las principales ventajas medioambientales que presenta la energía solar térmica de baja temperatura en su aplicación en edificios residenciales son:

- Toda la energía que se obtiene con la fracción solar no emite gases de efecto invernadero.
- No produce ningún tipo de residuo.
- No tiene grandes efectos negativos sobre el paisaje (cada vez los colectores se integran más fácilmente en los edificios).
- No tiene ningún efecto negativo sobre la salud de las personas.
- No perjudica ni a flora ni a la fauna.
- No dejan huella ecológica cuando finaliza su periodo útil ya que de sus componentes se conocen bien los efectos.
- No requiere de grandes costes de almacenamiento, transporte o extracción.
- De apostar por ella, no se corre el riesgo de agotamiento del recurso (el sol).

Sólo vamos a estudiar las emisiones de CO<sub>2</sub> que produzca nuestra instalación a lo largo de un año. Como usamos una caldera de gas natural las emisiones de los otros gases de efecto invernadero se producen en menor medida, ya que su concentración será muy pequeña.

Antes calcularemos la energía que nos aporta el sol y la que debemos aportar con la fuente auxiliar de energía.

Hasta ahora la demanda se había expresado en términos de potencia, para pasarla a energía en periodo que se va a tomar como referencia son las Horas de Sol.

Mes	Demanda de ACS [kWh]	f [-]	Horas de sol [h/día]	Aporte solar [kWh]	Aporte con fuente auxiliar [kWh]
ENERO	17.313,88	0,391	8	6.769,73	10.544,15
FEBRERO	14.923,08	0,502	9	7.491,38	7.431,69
MARZO	15.139,15	0,669	9	10.128,09	5.011,06
ABRIL	14.871,41	0,702	9,5	10.439,73	4.431,68
MAYO	14.350,24	0,771	9,5	11.064,04	3.286,21
JUNIO	13.193,55	0,871	9,5	11.491,58	1.701,97
JULIO	11.878,55	1	9,5	11.878,55	0,00
AGOSTO	10.528,71	1	9,5	10.528,71	0,00
SEPTIEMBRE	11.884,35	0,951	9	11.302,02	582,33
OCTUBRE	13.252,38	0,744	9	9.859,77	3.392,61
NOVIEMBRE	14.508,55	0,548	8	7.950,68	6.557,86
DICIEMBRE	16.689,96	0,387	7,5	6.459,01	10.230,94
<b>TOTAL</b>	<b>168.533,80</b>			<b>115.363,29</b>	<b>53.170,51</b>

Tabla 11.2 Resumen de energía.  
(Fuente: Elaboración Propia)

Para caracterizar el impacto medioambiental de gas natural tomaremos del IDAE el siguiente coeficiente de emisión:

$$0,204 \text{ kg de CO}_2 / \text{kWh}_{\text{térmico con gas natural}}$$

Ahora podemos obtener las emisiones de CO<sub>2</sub>, tanto las que evitamos como las que emitimos con la fuente auxiliar de energía:

Mes	Emisiones Evitadas	Emisiones de la fuente auxiliar
	[kg de CO <sub>2</sub> ]	[kg de CO <sub>2</sub> ]
ENERO	1.381,02	2.151,01
FEBRERO	1.528,24	1.516,07
MARZO	2.066,13	1.022,26
ABRIL	2.129,70	904,06
MAYO	2.257,06	670,39
JUNIO	2.344,28	347,20
JULIO	2.423,22	0,00
AGOSTO	2.147,86	0,00
SEPTIEMBRE	2.305,61	118,80
OCTUBRE	2.011,39	692,09
NOVIEMBRE	1.621,94	1.337,80
DICIEMBRE	1.317,64	2.087,11
<b>TOTAL</b>	<b>23.534,11</b>	<b>10.846,78</b>

Tabla 11.3 Resumen de emisiones.  
(Fuente: Elaboración Propia)

Como podemos ver en la tabla resumen evitamos 23,5 toneladas de CO<sub>2</sub> al año y vertimos por la fuente auxiliar casi 11 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Estos valores ya deberían justificar la instalación de energía solar térmica de baja temperatura para obtención de A.C.S. en edificios de viviendas. Máxime si queremos colaborar a cumplir los objetivos de reducción de emisiones que nos fija el Protocolo de Kioto.

Además de medioambientalmente la Inversión debe ser atractiva económicamente, para lo cual estudiaremos en el siguiente capítulo los aspectos económicos de la instalación solar con referencia a una instalación convencional.

## 12. ANÁLISIS ECONÓMICO.

Para realizar este análisis se deben conocer todos los costes asociados a la instalación solar, para ello se elaborará un presupuesto detallado por capítulos y partidas dónde se describen todos los materiales.

Por otro lado resulta conveniente informarse sobre las subvenciones que existan para nuestra instalación:

Las subvenciones en la Comunidad de Valencia son gestionadas por AVEN (Agencia Valenciana de la Energía). Para el curso del año 2010 el Programa de Ayudas en materia de Energías Renovables prevé para la energía solar térmica:

- Una subvención a fondo perdido del 45% del coste de referencia del Proyecto.

Para nuestro edificio el coste de referencia del proyecto se calcula sabiendo los metros cuadrados de colectores solares instalados multiplicado por la inversión por metro cuadrado que nos marca el AVEN (710,5 €/m<sup>2</sup>)

$$\text{Coste de referencia}_{\text{proyecto}} = 62 \text{ colectores} \cdot 2,2 \text{ m}^2 \cdot 710 \text{ €/m}^2 = 96.912,2 \text{ €}$$

Así la máxima subvención que podemos recibir si cumplimos con todos los requisitos será de:

$$\text{Subvención}_{\text{máxima}} = 43.610,50 \text{ €}$$

El presupuesto de la instalación solar del edificio detallado se muestra a continuación. Para elaborarlo se han tomado los precios netos de los fabricantes y se han considerados también los precios de mano de obra de instalación. Por último, se considera un Beneficio Industrial para el Instalador y los impuestos que deban tributar.

CODIGO	UD	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DE OBRA	MEDICIÓN	IMPORTE	
				UNITARIO	TOTAL

### PRESUPUESTO

#### CAP.- 1 CIRCUITO PRIMARIO

1.1	Ud.	COLECTOR SOLAR PLANO SONNENKRAFT SK500N4P Vertical de 4 tomas	62,00	626,92 €	38.869,20 €
-----	-----	--	-------	----------	-------------

Suministro y montaje de colector solar plano de alta gama y alta eficiencia energética para el máximo aprovechamiento de la energía solar térmica en el mínimo espacio, gracias al absorbedor de cobre con revestimiento aplicado en vacío altamente selectivo. Aislamiento de alta densidad de 50 mm de espesor, no descomponible y libre de efectos de gasificación, cuba de aluminio de una única pieza sin uniones soldadas, vidrio de seguridad y muy bajo contenido en hierro y junta de estanqueidad sin uniones y sellado por presión.

Superficie bruta: 2.57 m<sup>2</sup>  
Superficie de absorción: 2,19 m<sup>2</sup>  
Superficie de apertura: 2,20 m<sup>2</sup>  
Dimensiones: 2079x1239x100 mm  
Peso 49 kg  
Caudal recomendado: entre 15 y 40 l/h m<sup>2</sup>

1.2	Ud.	Set de tapones para terminales SK500N4P. Incluye tapón final con válvula de purga	12,00	34,65 €	415,79 €
1.3	Ud.	Junta hermética para configuraciones mixtas (paralelo-serie) en las baterías del campo solar.	2,00	31,38 €	62,77 €
1.4	Ud.	Estructura de montaje de aluminio para 62 colectores SK500N con 45º de inclinación sobre la cubierta plana con sistema de fijación con tirafondos para tejado universal.	1,00	7.495,01 €	7.495,01 €
1.5	Ud.	Purgador de aire de 22 mm especial para instalaciones de energía solar. Con aislamiento resistente a los cambios climáticos.	12,00	80,74 €	968,90 €
1.6	Ud.	Válvula de seguridad de 6 bar para circuito solar.	12,00	53,62 €	643,43 €
1.7	Ud.	Fluido caloportador anticongelante a base de glicol de propileno con inhibidores anticorrosivos, especialmente indicado para instalaciones solares equipadas con colectores planos de alta eficiencia energética. Envase de 20 litros.	20,00	104,91 €	2.098,29 €
1.8	Ud.	Conjunto formado por Vaso de expansión de 200 litros y depósito de estratificación de 150 litros. Presión máxima de trabajo de 10 bar.	1,00	1.413,16 €	1.413,16 €
1.9	Ud.	Suministro y montaje de Bomba de circulación. Marca GRUNDFOS, modelo TPE 40/270-2.	2,00	1.531,34 €	3.062,68 €
1.10	Ud.	Suministro y montaje de aerodisipador marca WOLF, modelo LH 100/3 de 120 kW de potencia.	1,00	2.888,34 €	2.888,34 €



1.11	Ud.	Válvula de 3 vías para el aerodisipador. Incluido cuerpo de válvula, motor capilar, tubo capilar, Manguito sumergible en acero inox	1,00	559,59 €	559,59 €
1.12	m	Tubería de cobre de diámetro 42/40 mm, con aislamiento tipo Armaflex para exterior y acabado en chapa de aluminio	140,00	66,54 €	9.315,46 €
1.13	m	Tubería de cobre de diámetro 35/32,6 mm, con aislamiento tipo Armaflex para exterior y acabado en chapa de aluminio	55,00	61,64 €	3.390,47 €
1.14	m	Tubería de cobre de diámetro 28/25,6 mm, con aislamiento tipo Armaflex para exterior y acabado en chapa de aluminio	40,00	57,05 €	2.281,98 €
1.15	m	Tubería de cobre de diámetro 22/19,6 mm, con aislamiento tipo Armaflex para exterior y acabado en chapa de aluminio	72,00	51,78 €	3.728,24 €
1.16	m	Tubería de cobre de diámetro 18/16 mm, con aislamiento tipo Armaflex para exterior y acabado en chapa de aluminio	8,00	53,31 €	426,50 €
1.17	m	Tubería de cobre de diámetro 15/13 mm, con aislamiento tipo Armaflex para exterior y acabado en chapa de aluminio	15,00	51,30 €	769,47 €
1.18	Ud.	Suministro y montaje de Intercambiador de placas desmontable de acero inoxidable. Marca ALFA LAVAL, modelo M6 de 63 placas.	1,00	3.053,55 €	3.053,55 €
1.19	PA	Suministro y montaje de valvulería . Incluyendo válvulas de corte, anti retorno para las bombas, válvulas de vaciado, etc..	1,00	695,69 €	695,69 €

## CAP.- 2 CIRCUITO SECUNDARIO

2.1	Ud.	Suministro e instalación de depósito para acumulación de agua caliente sanitaria. Marca LAPESA, modelo MXV 500 RB. Con capacidad para 5000 litros.	2,00	12.036,59 €	24.073,18 €
2.2	Ud.	Suministro y montaje de Bomba de circulación. Marca GRUNDFOS, modelo MAGNA 50-100 F.	2,00	910,34 €	1.820,68 €
2.3	Ud.	Conjunto formado por Vaso de expansión de 300 litros. Presión máxima de trabajo de 10 bar.	1,00	1.056,66 €	1.056,66 €



2.4	PA	Tubería de cobre de diámetro 42/40 mm, con aislamiento tipo Armaflex para exterior y acabado en chapa de aluminio	30,00	66,54 €	1.996,17 €
2.5	PA	Suministro y montaje de valvulería. Incluyendo válvulas de corte, anti retorno para las bombas, válvulas de vaciado, etc...	1,00	465,69 €	465,69 €

### CAP.- 3 SISTEMA DE CONTROL

3.1	Ud.	Centralita de control, mando central programable. Incluido la instalación de sondas.	1,00	5.275,17 €	5.275,17 €
-----	-----	--	------	------------	------------

<b>IMPORTE DE PRESUPUESTO</b>	<b>116.826,06 €</b>
I.V.A.....18%	<b>21.028,69 €</b>
<b>IMPORTE CON I.V.A.</b>	<b>137.854,75 €</b>

Una vez conocido el coste de la instalación vamos a calcular cuánto nos cuesta la energía que consumimos en nuestra instalación con colectores solares y cuánto consumiría en caso de hacer una instalación convencional.

Para conocer los precios del gas natural debemos acudir a la tarifa del gas natural. Estas son fijadas por el Ministerio de Industria y Energía, y aparecen publicadas en el Boletín Oficial del Estado B.O.E.

La siguiente tabla nos muestra los precios máximos a aplicar a consumidores en intervalos de consumo desde los 50.000 kWh/año a los 100.000 kWh/año y los superiores a 100.000 kWh/año.

Este último será nuestro caso pues tendríamos un consumo energético de 168.533,80 kwh/año para satisfacer la demanda de A.C.S. en el caso de no usar energía solar térmica.

Tarifa	Intervalo de consumo	Término fijo €/mes	Término variable €/kWh
	Superior a 50.000 kWh/año e inferior o igual a 100.000 kWh/año	50,87	0,04103238
	Superior a 100.000 kWh/año	75,84	0,03801337
Tarifas publicadas en el BOE nº 315 del 31 de Diciembre de 2009, vigentes desde el 1 de Enero de 2010, incorporando un 16% de IVA.			

Tabla 11.4 Tarifa de gas natural.  
(Fuente: Iberdrola)



Presentamos los resultados económicos de los consumos en la siguiente tabla:

Mes	Demanda de ACS	Coste sin Instalación solar	Aporte solar	Coste con Instalación Solar	Ahorro con Instalación Solar
	[kWh]	[€]	[kWh]	[€]	[€]
ENERO	17.313,88	866,12	6.769,73	562,46	303,66
FEBRERO	14.923,08	758,88	7.491,38	422,85	336,03
MARZO	15.139,15	768,57	10.128,09	314,27	454,30
ABRIL	14.871,41	756,56	10.439,73	288,28	468,28
MAYO	14.350,24	733,18	11.064,04	236,90	496,29
JUNIO	13.193,55	681,30	11.491,58	165,83	515,46
JULIO	11.878,55	622,31	11.878,55	89,49	532,82
AGOSTO	10.528,71	561,76	10.528,71	89,49	472,27
SEPTIEMBRE	11.884,35	622,57	11.302,02	115,61	506,96
OCTUBRE	13.252,38	683,94	9.859,77	241,67	442,27
NOVIEMBRE	14.508,55	740,28	7.950,68	383,65	356,63
DICIEMBRE	16.689,96	838,13	6.459,01	548,41	289,72
<b>TOTAL</b>	<b>168.533,80</b>	<b>7.649,21</b>	<b>115.363,29</b>	<b>2.474,50</b>	<b>5.174,71</b>

Tabla 11.5 Resumen de costes de la energía.  
(Fuente: Elaboración Propia)

Una vez sabidos los costes de la instalación con energía solar térmica y sin ella, podemos hallar el periodo de retorno de la inversión para ver si es atractiva o no la inversión.

Para determinar en qué momento se recupera la inversión inicial y la instalación solar comienza a dar beneficios se calcula el valor actual neto (VAN).

El VAN mide la rentabilidad absoluta neta que nos proporciona la instalación solar, desde el momento inicial hasta la vida útil de la instalación. Así si:

- $VAN > 0$  La inversión está recuperada y se producen ganancias.
- $VAN > 0$  Se producen pérdidas.

La expresión del VAN nos relaciona los ingresos y los gastos en función del tiempo:

$$VAN = A \cdot \sum \left[ \frac{1+c}{1+i} \right]^t - C_{mto} \cdot \sum \left[ \frac{1+f}{1+i} \right]^t - I_{inicial}$$

Siendo:

$A$  el ahorro en combustible [€]

$I_{inicial}$  la inversión inicial [€]

$C_{mto}$  el coste de mantenimiento [€]

$c$  el incremento en el precio del combustible [%]

$i$  la tasa de interés [%]

$f$  la tasa de inflación [%]

El Ahorro anual de combustible se acaba de calcular y es:  $A = 5174,71$  €

La inversión inicial será la resta del valor del presupuesto y del valor de la subvención:

$$I_{inicial} = 96.923,44 - 43.610,50 \text{ €} = 53.312,94 \text{ €}$$

Nótese que el valor que se utiliza del presupuesto para calcular la inversión inicial es el correspondiente al capítulo 1 de dicho presupuesto. En rigor, la acumulación, la caldera y el circuito secundario no son objeto de amortización ya que la instalación convencional las incluye.

El coste de mantenimiento se estima en:  $C_{mto} = 400$  €

El incremento del precio del combustible será:  $c = 5$  %

La tasa de interés la fijamos en:  $i = 3$  %

La tasa de inflación tomada a día 1 de julio de 2010  $f = 1,9$  %

Realizando los cálculos para la fórmula del VAN año a año se observa que la instalación comienza a ser rentable a partir del año decimotercero. Prácticamente en la mitad de la vida útil de la instalación.

Se ha de tener en cuenta la importancia de las subvenciones para que las inversiones de energía solar térmica den un periodo de retorno atractivo.

Periodo de tiempo	VAN [€]	Periodo de tiempo	VAN [€]
Año 1	-49.163,96	Año 14	4.772,73
Año 2	-45.014,99	Año 15	8.921,70
Año 3	-40.866,01	Año 16	13.070,68
Año 4	-36.717,04	Año 17	17.219,66
Año 5	-32.568,06	Año 18	21.368,63
Año 6	-28.419,08	Año 19	25.517,61
Año 7	-24.270,11	Año 20	29.666,58
Año 8	-20.121,13	Año 21	33.815,56
Año 9	-15.972,15	Año 22	37.964,54
Año 10	-11.823,18	Año 23	42.113,51
Año 11	-7.674,20	Año 24	46.262,49
Año 12	-3.525,23	Año 25	50.411,47
Año 13	<b>623,75</b>	Año 26	54.560,44

Tabla 11.6 Evolución del VAN en la vida útil de la instalación.  
(Fuente: Elaboración Propia)

### 13. CONCLUSIONES FINALES.

En el desarrollo de este Proyecto de Fin de Carrera se han sacado una serie de conclusiones:

La particularidad de la fuente de energía, el Sol, implica que se debe hacer un estudio detallado de la radiación solar que se tiene en el emplazamiento. Observando su variación a lo largo de un periodo de un año.

La propia arquitectura del edificio, su orientación respecto del sur geográfico y la posibilidad de que aparezcan sobras podrían representar pérdidas en la energía que nos daba la radiación sobre el papel.

Inclinando el sistema de captación un ángulo respecto a la horizontal conseguimos que los rayos lleguen más perpendiculares y el aprovechamiento mejore.

Como la instalación solar sólo produce energía durante las horas de sol para tener suministro durante el resto del día debemos acumular la energía térmica.

A la vista de los resultados numéricos obtenidos:

- La instalación solar es capaz de atender la demanda mínima que nos impone el CTE. Siendo la fracción solar obtenida  $f=0,72$ .
- La instalación solar dispone de un sistema auxiliar de energía que compensa la parte de la demanda que no es cubierta por el aporte solar.
- La instalación solar comporta en su funcionamiento anual un ahorro de emisiones a la atmósfera de 25,53 Tn de  $\text{CO}_2$ .
- La instalación solar proyectada es viable económicamente y capaz de proporcionar beneficios derivados del ahorro de energía en combustible en comparación con una instalación convencional, para el período de vida útil. La inversión realizada se recupera en 13 años.

Con estas conclusiones se consideran alcanzados los objetivos de este Proyecto Fin de Carrera.



## 14. REFERENCIAS

### **Normativa:**

- (1) CTE. Código Técnico de la Edificación.
- (2) RITE. Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios.
- (3) Pliego de Condiciones Técnicas de Baja Temperatura del IDAE.
- (4) DTIE 1.01. Preparación de Agua Caliente para usos Sanitarios.
- (5) DTIE 8.03 Instalaciones solares Térmicas para Producción de Agua Caliente Sanitaria.

### **Libros:**

- (6) INCROPERA, Frank P.; DEWITT David P. Fundamentos de Transferencia de calor. Ed, Prentice Hall, 4ª edición, 1999.
- (7) EICKER, Ursula. Solar Technologies for buildings. Ed. Wiley. 2003.
- (8) PEUSER, Felix A.; REMMERS, Karl-Heinz; SCHNAUSS Martin. SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS. Diseño e Instalación. Ed. Solarpraxis. CENSOLAR.

### **Otra documentación:**

- (9) TRANSFERENCIA DE CALOR EN COLECTORES SOLARES PLANOS, CONSIDERANDO VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO. Rodríguez M.C., Rodríguez P.A., Salgado R., Venegas M., Lecuona A.; Transferencia de calor en colectores solares planos, considerando velocidad y dirección del viento. Proceedings XIV Congreso Ibérico y IX Congreso Iberoamericano de Energía Solar. Vigo, Galicia España 2008, pp 407-412 ISBN978-84-612-4470-6.
- (10) SOLAR THERMAL MARKETS IN EUROPE. Trends and Markets Statistics 2009. ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation). Abril 2010.

### **Apuntes de las asignaturas:**



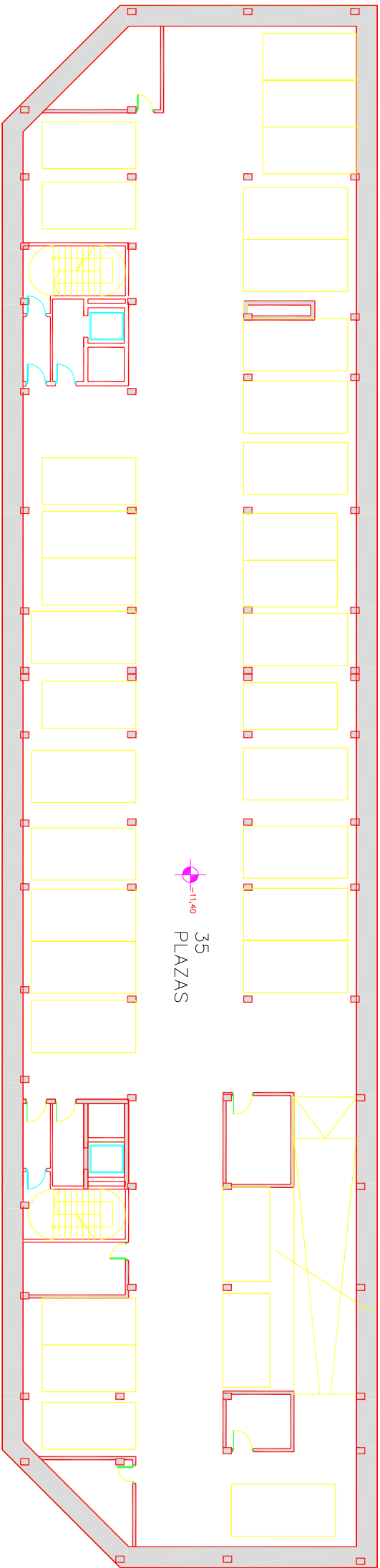
- (11) Ingeniería Térmica I. 2º Curso de Ingeniería Técnica Industrial Mecánica.
- (12) Ingeniería Térmica II. 3º Curso de Ingeniería Técnica Industrial Mecánica.
- (13) Energías Renovables. 3º Curso de Ingeniería Industrial.
- (14) Nuevas Fuentes de Energía. 3º Curso de Ingeniería Industrial.


**Páginas Web:**

- (15) [www.meteored.org](http://www.meteored.org). Base de datos climáticos.
- (16) [www.aven.es](http://www.aven.es). Agencia Valenciana de la Energía.
- (17) [www.idae.es](http://www.idae.es). Instituto para el Ahorro y la Diversificación de la Energía.
- (18) [www.estif.org](http://www.estif.org). European Solar Thermal Industry Federation.
- (19) [www.sonnenkraft.com](http://www.sonnenkraft.com). Fabricante de colectores solares.
- (20) [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com). Fabricante de intercambiadores de placas.
- (21) [www.lapesa.es](http://www.lapesa.es). Fabricante de depósitos de acumulación de A.C.S.
- (22) [www.viessmann.es](http://www.viessmann.es). Fabricante de calderas.
- (23) [www.pneumatex.com](http://www.pneumatex.com). Fabricante de vasos de expansión.
- (24) [www.grundfos.es](http://www.grundfos.es). Fabricante de bombas de circulación.
- (25) [www.censolar.org](http://www.censolar.org). Centro de Estudios de la Energía Solar.
- (26) [www.asit.es](http://www.asit.es). Asociación de la Energía Solar Térmica.
- (27) [www.iberdrola.es](http://www.iberdrola.es). Tarifa del gas natural.



## 15. ANEXO I PLANOS



  
Diseño de una instalación solar  
térmica para el suministro de  
A.C.S. de un edificio de  
viviendas en Valencia

Autor: Antonio Sánchez Peinado

Tutor: M<sup>a</sup> del Carmen Rodríguez Hidalgo

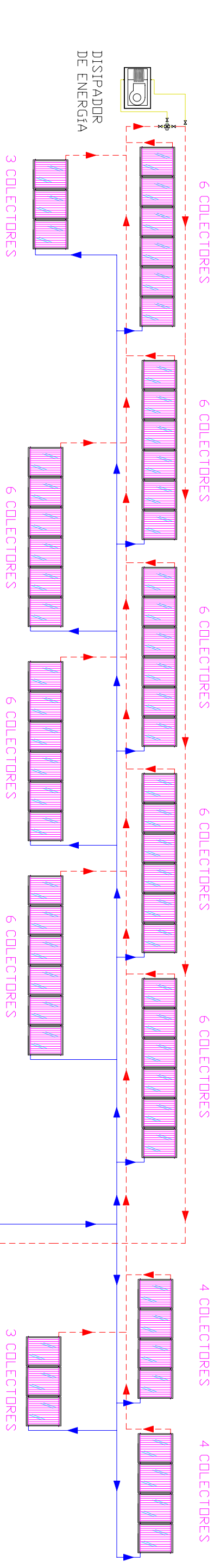
Plano: Sótano — 4

Escala  
1:250

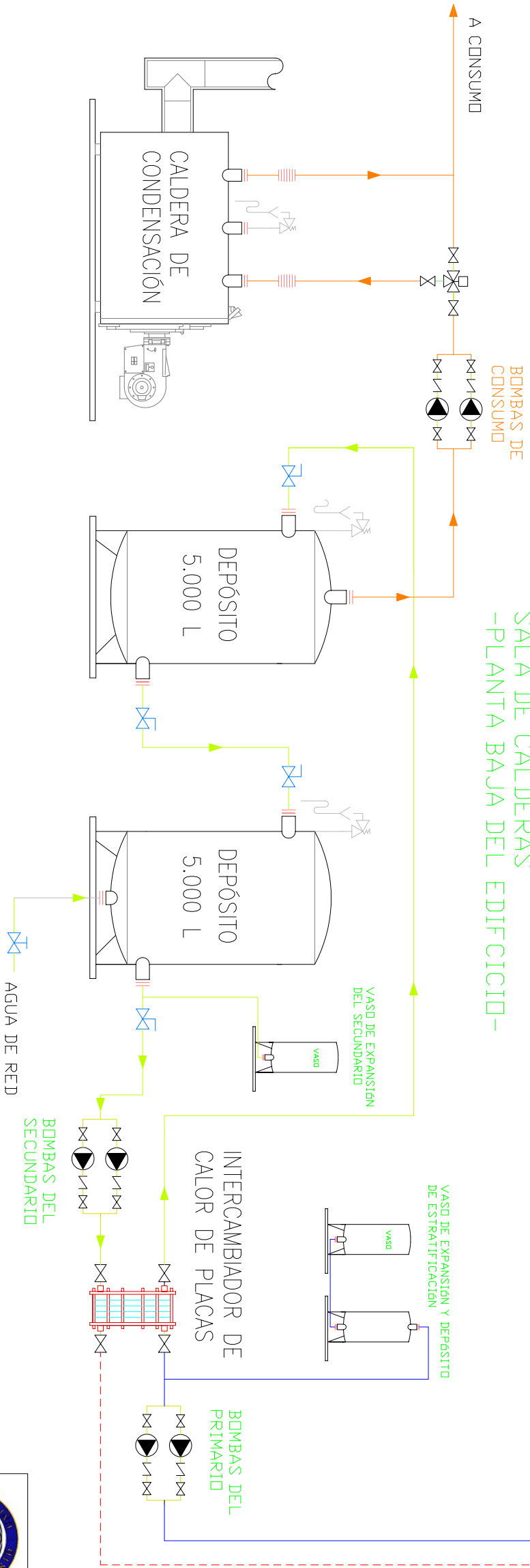


# ESQUEMA DE PRINCIPIO

## CAMPD SOLAR –CUBIERTA DEL EDIFICIO-



## SALA DE CALDERAS -PLANTA BAJA DEL EDIFICIO-



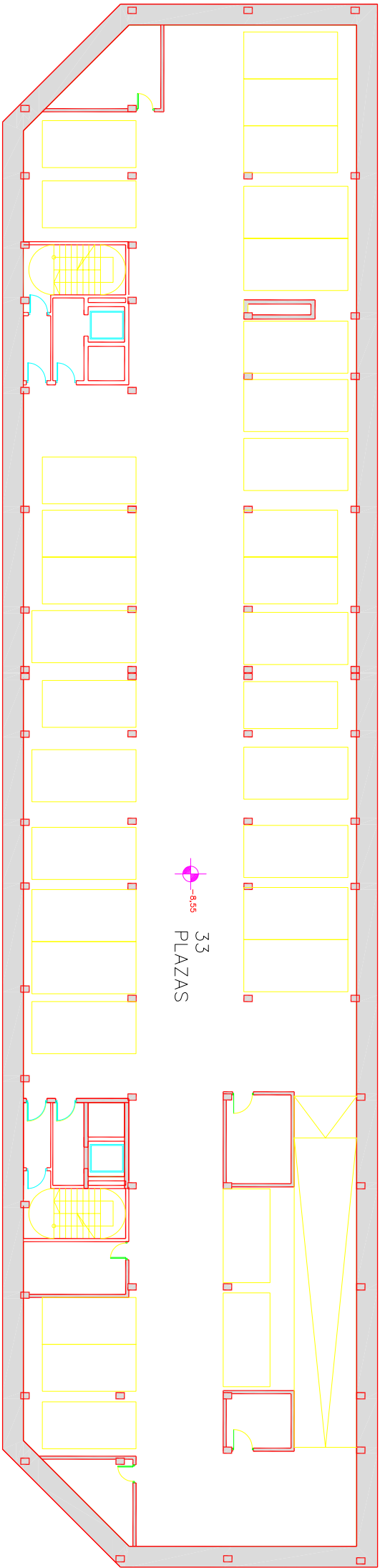
Diseño de una instalación solar  
térmica para el suministro de  
A.C.S. de un edificio de  
viviendas en Valencia

Autor: Antonio Sánchez Peinado

Tutor: M<sup>a</sup> del Carmen Rodríguez Hidalgo

Plano: Esquema de Principio

Escala  
1:250



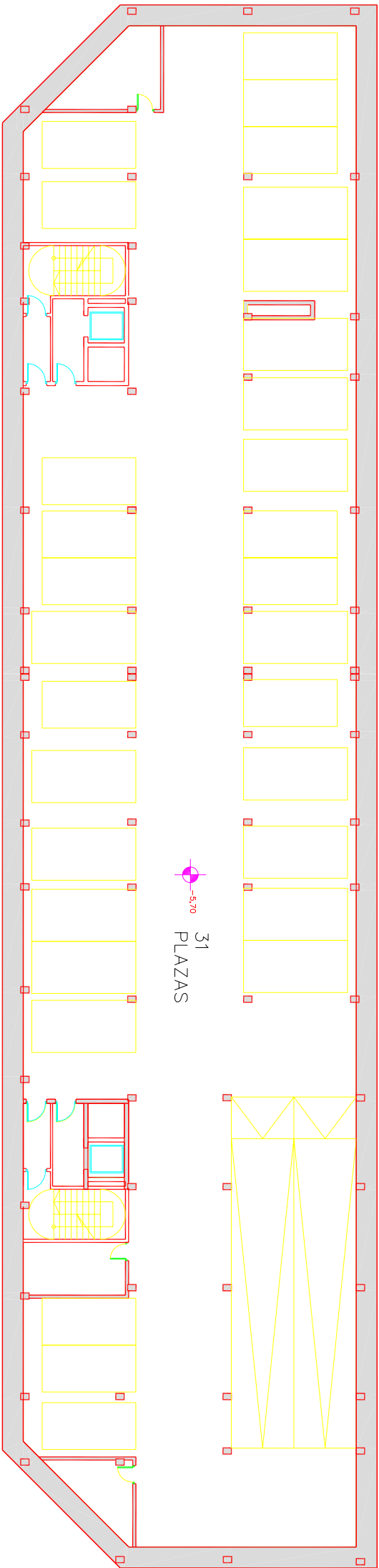
Diseño de una instalación solar  
térmica para el suministro de  
A.C.S. de un edificio de  
viviendas en Valencia


Autor: Antonio Sánchez Peinado

Tutor: M<sup>a</sup> del Carmen Rodríguez Hidalgo

Plano: Sótano — 3

Escala  
1:250



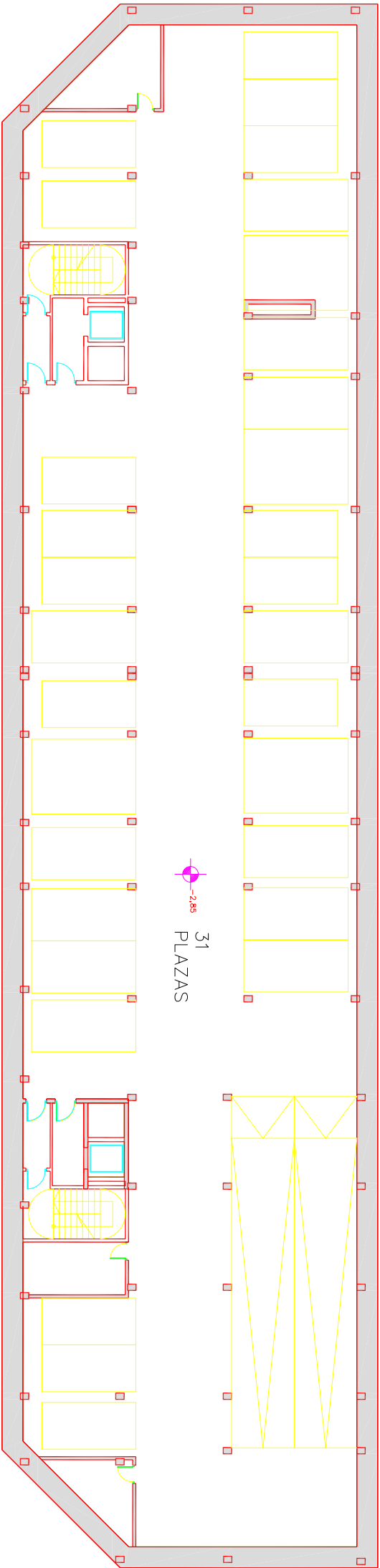
 Diseño de una instalación solar  
térmica para el suministro de  
A.C.S. de un edificio de  
viviendas en Valencia


Autor: Antonio Sánchez Peinado

Tutor: M<sup>a</sup> del Carmen Rodríguez Hidalgo

Plano: Sótano –2

Escala  
1:250



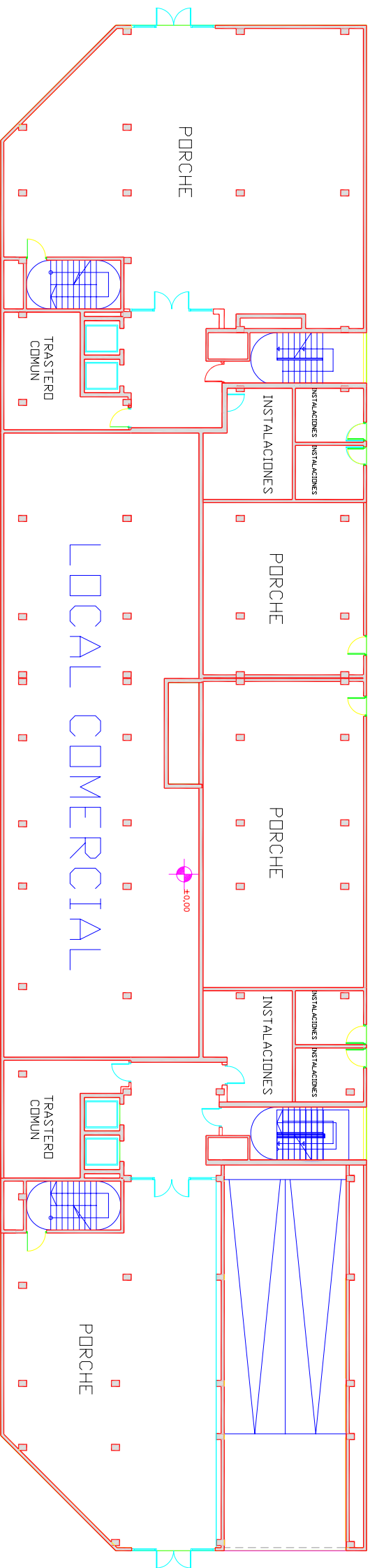
 Diseño de una instalación solar  
térmica para el suministro de  
A.C.S. de un edificio de  
viviendas en Valencia


Autor: Antonio Sánchez Peinado

Tutor: M<sup>a</sup> del Carmen Rodríguez Hidalgo

Plano: Sótano -1

Escala  
1:250



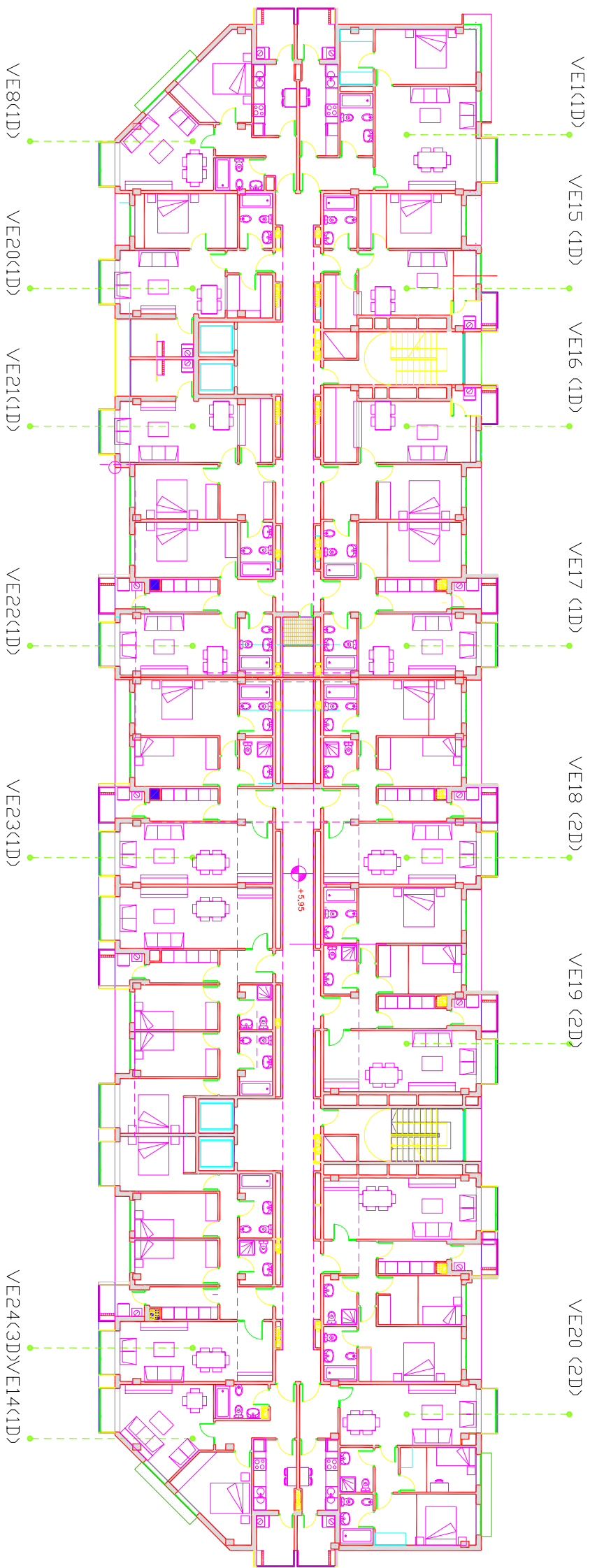
  
Diseño de una instalación solar  
térmica para el suministro de  
A.C.S. de un edificio de  
viviendas en Valencia


Autor: Antonio Sánchez Peinado

Tutor: Mª del Carmen Rodríguez Hidalgo

Plano: Planta Baja

Escala  
1:250



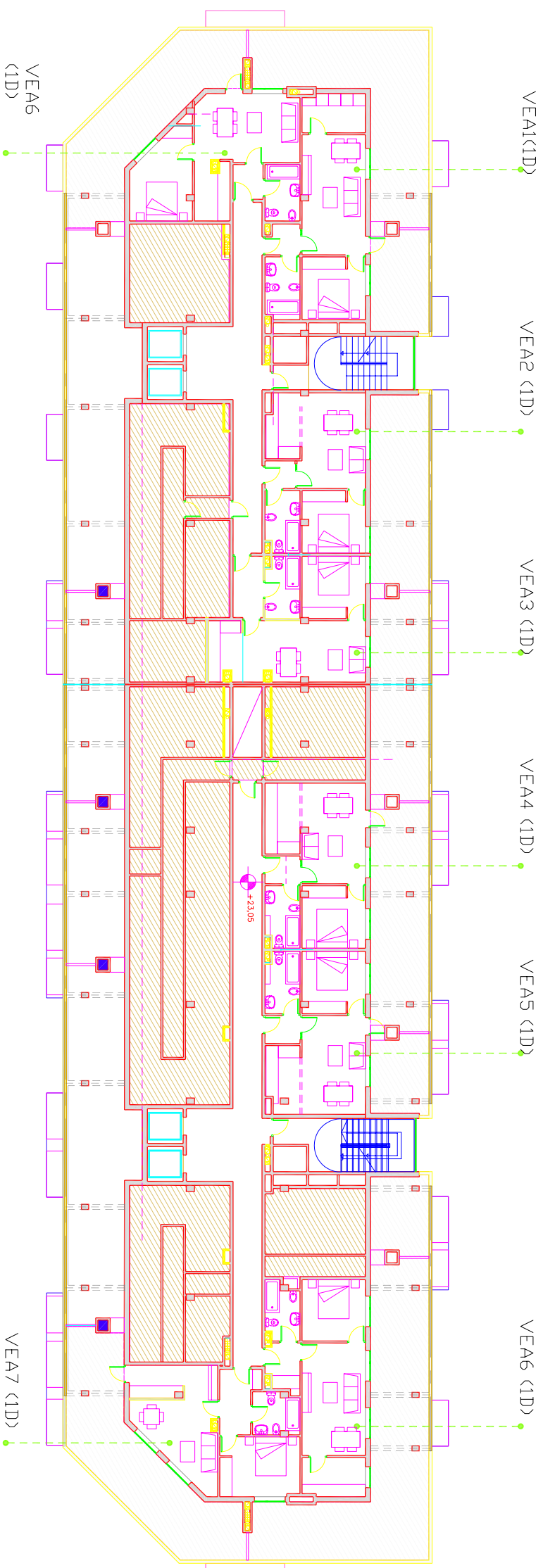
  
Diseño de una instalación solar  
térmica para el suministro de  
A.C.S. de un edificio de  
viviendas en Valencia

Autor: Antonio Sánchez Peinado

Tutor: M<sup>a</sup> del Carmen Rodríguez Hidalgo

Plano: Planta Tipo

Escala  
1:250



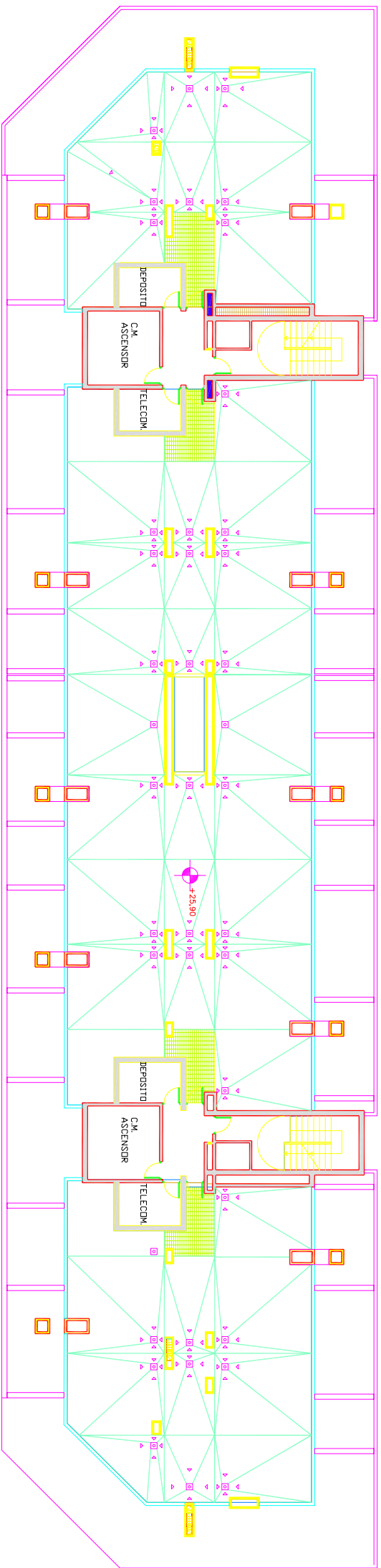
Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de A.C.S. de un edificio de viviendas en Valencia


Autor: Antonio Sánchez Peinado

Tutor: M<sup>º</sup> del Carmen Rodríguez Hidalgo

Plano: Planta Ático

Escala  
1:250



  
Diseño de una instalación solar  
térmica para el suministro de  
A.C.S. de un edificio de  
viviendas en Valencia

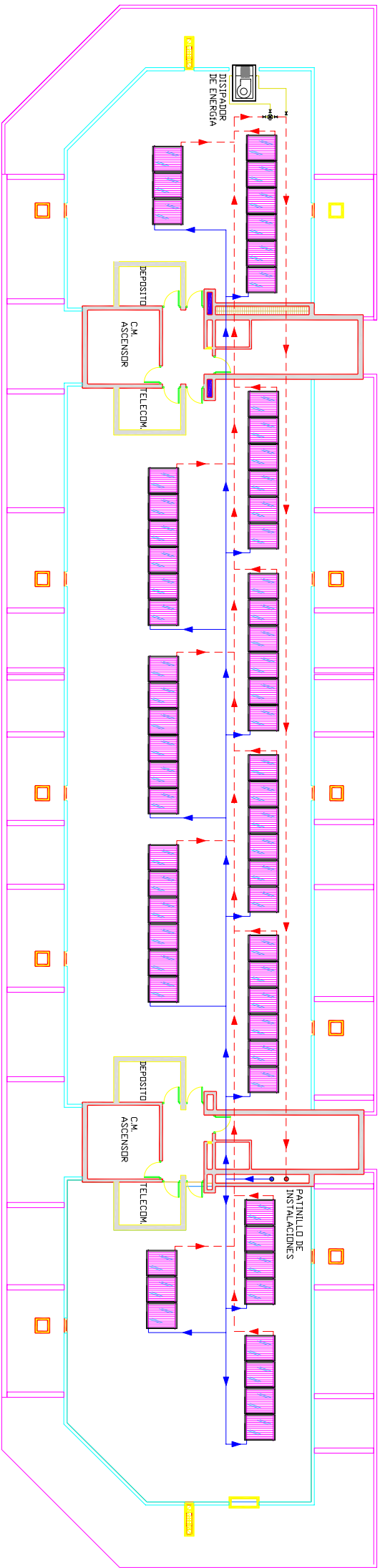
Autor: Antonio Sánchez Peinado


Tutor: M<sup>a</sup> del Carmen Rodríguez Hidalgo

Plano: Planta Cubierta

Escala  
1:250





  
Diseño de una instalación solar  
térmica para el suministro de  
A.C.S. de un edificio de  
viviendas en Valencia

Autor: Antonio Sánchez Peinado

Tutor: M<sup>º</sup> del Carmen Rodríguez Hidalgo

Plano: Ubicación de colectores

Escala  
1:250



## 15. ANEXO II CATÁLOGOS TÉCNICOS



*forever clever*

**SONNENKRAFT®**

# Captador sobre tejado

FOREVER CLEVER

SK500

[www.sonnenkraft.es](http://www.sonnenkraft.es)

# Captador sobre tejado SK500

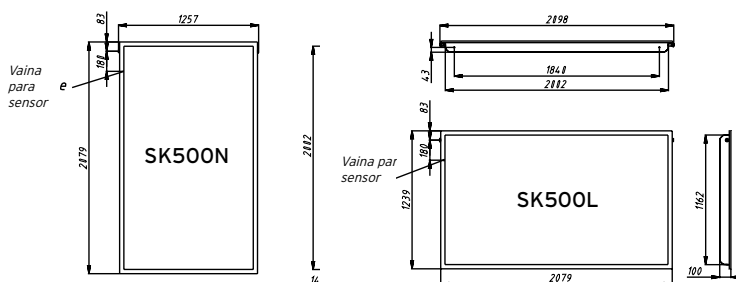
El SK500 es un captador solar plano de alta gama y alta eficiencia energética, con superficie bruta de 2,57 m<sup>2</sup>, diseñado para satisfacer las demandas más exigentes. Adaptado para todo tipo de instalaciones sobre tejado inclinado o cubierta plana, disponible en dos versiones para el montaje vertical u horizontal, el SK500 es idóneo para instalaciones donde se requieran grandes aportes energéticos, por ejemplo para el apoyo a instalaciones de calefacción. Fabricado mediante las técnicas de producción más avanzadas de Europa, sólo se utilizan materiales de la más alta calidad; cuba de aluminio embutido, de una pieza sin uniones ni soldaduras, vidrio de seguridad y muy bajo contenido en hierro, junta de estanqueidad sin uniones y sellado por presión, hacen del captador SK500 de SONNENKRAFT uno de los mejores de su clase.

## Datos técnicos SK500

Denominación	SK500N	SK500L
Tipo de captador	Captador plano	
Tipo de montaje	Sobre tejado	
Superficie bruta	2,57 m <sup>2</sup>	
Superficie de apertura	2,3 m <sup>2</sup>	
Superficie de absorbedor	2,2 m <sup>2</sup>	
Altura	2079 mm	1239 mm
Ancho	1239 mm	2079 mm
Ancho incl. conexiones	1257 mm	2098 mm
Profundidad	100 mm	
Peso en vacío	44 kg	
Capacidad del captador	1,6 l	
Disposición	Racores de rosca de 1", siempre arriba a la izquierda y arriba a la derecha	
Absorbedor	Absorbedor de cobre estructurado en toda la superficie con revestimiento de vacío altamente selectivo	
Configuración	Conexión doble arpa	
Absorción (α)	0,95	
Emisión (ε)	0,05	
Carcasa	Cuba de aluminio	
Aislamiento térmico	Lana mineral 50 mm, incl. aislamiento del borde	
Acristalado del captador	Vidrio solar de seguridad de bajo contenido en hierro, 3,2 mm	
Número de cristales	1	
Rendimiento mínimo	525 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Presión máx. de trabajo	10 bares	
Temperatura de estanqueidad	180 °C más la temperatura ambiente	
Caudal recomendado	15 - 40 l/h por m <sup>2</sup>	
Conexión en serie	máx. 6 unidades en serie	
Inclin. mín. del captador	15 °	
Inclin. máx. del captador	75 °	
Nº reg. Solar Keymark	011-7S070 F	011-7S068 F
Contraseña de homologación	NPS-13809	NPS-7508

\* Para equilibrar las dilataciones térmicas en conexiones de más de 4 captadores SK500L en serie, se ha de incluir el sistema de dilatación IWS50/100/300.

## Dimensiones SK500



## Sistemas de fijación SK500



Tirafondos SSP



Estribo de tejado DBP



Lastre de hormigón BBALSK



Placa de soporte BDA



Dispositivo de apriete plegado FKP



Fijación a 45°

## Fijación SK500

Todos los elementos de fijación están diseñados y fabricados por SONNENKRAFT y se suministran con todos los accesorios necesarios. Se adjuntan instrucciones de montaje de fácil comprensión.

## Ventajas del captador SK500

- Módulos de 2,5 m<sup>2</sup>, adecuados para todos los tipos de montaje horizontal/vertical
- Alta temperatura del agua caliente en poco tiempo gracias al revestimiento hecho en vacío altamente selectivo del absorbedor
- Vidrio solar resistente al granizo
- Larga vida útil gracias a sus materiales, resistentes a los cambios climáticos
- Absorbedor de cobre estructurado macizo, revestimiento altamente selectivo
- Cuba de aluminio embutido
- Aislamiento de las paredes laterales
- Aislamiento de la pared posterior de alta calidad de lana mineral no descomponible de 50 mm
- Racores móviles de asiento plano de fácil montaje
- Si se desea, se puede suministrar con 4 conexiones con configuraciones del absorbedor tipo parrilla, para grandes proyectos (SK500N4-ECO)

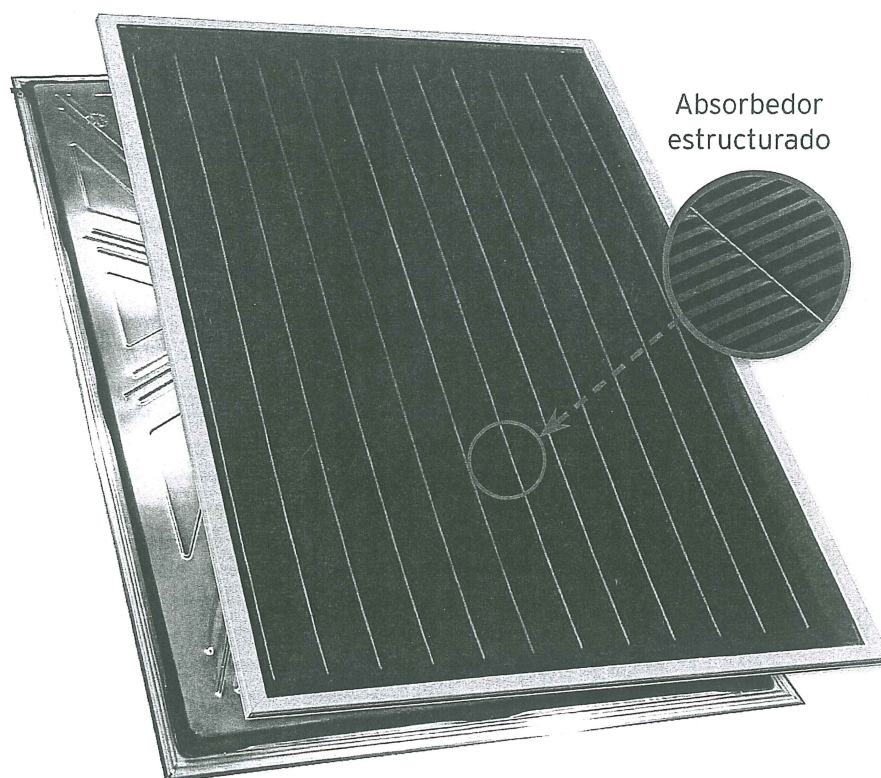






*forever clever*

**SONNENKRAFT®**



Absorbedor  
estructurado

# SK 500N

Captador solar térmico

FOREVER CLEVER

Ficha Técnica



## Descripción del producto

Captador solar térmico plano de alta gama y alta eficiencia energética para el máximo aprovechamiento de la energía solar térmica en el mínimo espacio, gracias al absorbedor estructurado de cobre con revestimiento aplicado en vacío (proceso "sputtering") altamente selectivo SUNSELECT. Adaptado para todo tipo de instalaciones sobre tejado inclinado o cubierta plana, disponible en versiones para el montaje vertical y horizontal, el captador solar SK500N es especialmente idóneo para instalaciones de pequeña y mediana potencia. Fabricados mediante las técnicas de producción y control de calidad más avanzadas de Europa, sólo se utilizan materiales de la más alta calidad: aislamiento de alta densidad de 50 mm. de espesor, no descomponible y libre de efectos de gasificación, incluso lateral, cuba de aluminio de una única pieza sin uniones ni soldaduras, vidrio de seguridad y muy bajo contenido en hierro y junta de estanqueidad sin uniones y sellado por presión. El captador solar térmico SK500N de Sonnenkraft es sin duda uno de los mejores captadores solares de su categoría.

## Ventajas del captador solar térmico sobre tejado SK500N

- Módulos de 2,57 m<sup>2</sup> de superficie bruta, adecuados para todo tipo de montaje, sobre tejado integrado o sobre cubierta plana, para el montaje vertical.
- La configuración del absorbedor de doble arpa proporciona un aumento de la transferencia de calor al fluido caloportador muy eficaz.
- Vidrio solar de seguridad completamente transparente y resistente al impacto, por ejemplo de granizo.
- Ángulo de incidencia óptimo entre los mejores de su categoría, gracias al factor modificador del vidrio solar especial.
- Larga vida útil gracias a la calidad de sus materiales, resistentes a los cambios climáticos más adversos.
- Absorbedor de cobre estructurado, revestimiento altamente selectivo SUNSELECT.
- Cuba de aluminio embutida de una única pieza, sin uniones ni soldaduras, aporta una estética muy agradable y una alta fiabilidad de funcionamiento.
- Aislamiento de alta densidad incluso en las paredes laterales del colector.
- Aislamiento de alta calidad y densidad de 50 mm. de espesor en la pared posterior del colector, compuesto por lana mineral no descomponible, libre de efectos de gasificación.
- Conexión salida colector rosca de 1" (M/H) de asiento plano con junta plana apta para altas temperaturas, que no precisa ningún otro elemento de conexión adicional.
- Vaina para la sonda de temperatura del captador ya incorporada en el captador solar.

## Dibujos y esquemas

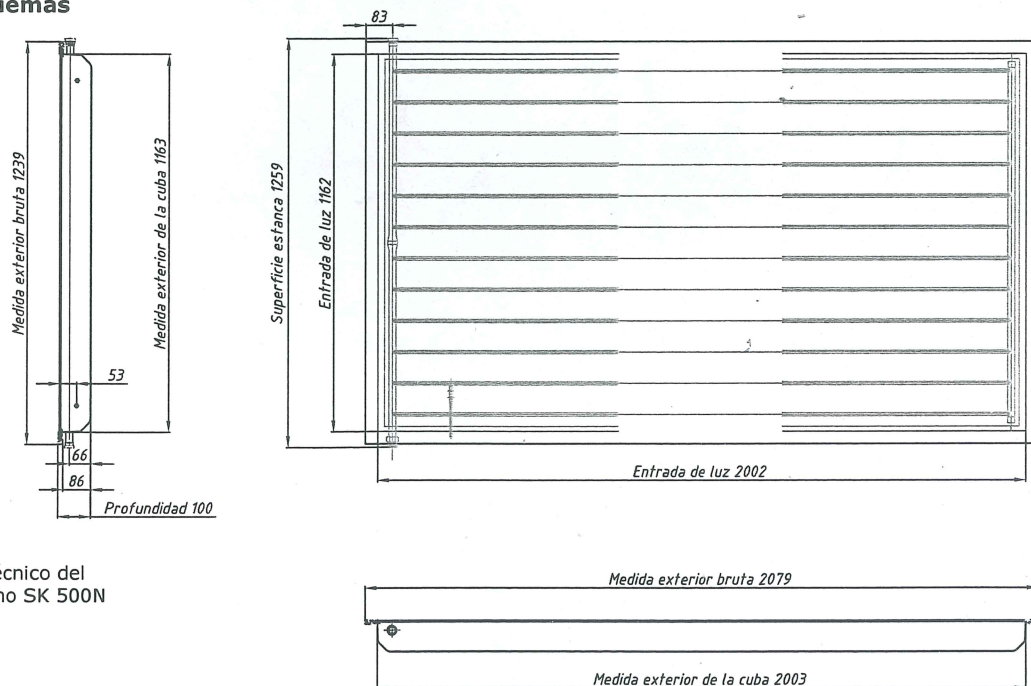


Figura 1: Dibujo técnico del captador solar plano SK 500N

## Dimensiones

Especificaciones dimensionales		
Parámetro	Unidad	SK 500N
Área total	m <sup>2</sup>	2,57
Área de apertura	m <sup>2</sup>	2,2
Área del absorbedor	m <sup>2</sup>	2,17
Altura	mm	2079
Ancho	mm	1239
Anchura con conexiones	mm	1257
Profundidad	mm	100
Peso en vacío	kg	44
Volumen del captador	l	1,6
Conexiones	Racores de rosca de 1" de asiento plano, siempre arriba a la izquierda y arriba a la derecha	
Inclinación mínima del captador	°	15
Inclinación máxima del captador	°	75





## Características termo-hidráulicas

Especificaciones de funcionamiento		
Parámetro	Unidad	SK 100M
Medio de transferencia de calor		Agua + Tyfocor L (propilen glicol + aditivos anticorrosivos)
Relación de mezcla recomendada	%	Según temp. mínimas y riesgo de heladas de la zona de referencia, por ejemplo: Zona sur y costera 70/30, zonas más frías e interiores 60/40. En ningún caso: > 50/50
Especificaciones del fluido de trabajo		pH entre 5,5 – 8,5 (fluido a 20 °C), carbonato cálcico > 200 mg/l, dióxido de carbono > 50 mg/l, salinidad > 500 mg/l, conductividad > 650 µS/cm
Presión de trabajo recomendada	bar	3
Presión máxima de trabajo	bar	10
Presión máxima de ensayo según EN 12975 -1	bar	15
Temperatura de estancamiento	°C	217,8
Caudal recomendado	l / h por m <sup>2</sup>	15 – 40
Caudal mínimo	l / h por m <sup>2</sup>	12
Caudal máximo	l / h por m <sup>2</sup>	125
Curva de rendimiento del captador según la norma UNE-EN 12975-2 *)		
Superficie de absorción: 2,17 m <sup>2</sup>		
Rendimiento óptico absorción	$\eta_{0A}$	0,802
Factor de pérdidas de 1º orden	$a_{1A}$	3,456 W / m <sup>2</sup> K
Factor de pérdidas de 2º orden	$a_{2A}$	0,012 W / m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>
Superficie de apertura: 2,20 m <sup>2</sup>		
Rendimiento óptico apertura	$\eta_{0A}$	0,791
Factor de pérdidas de 1er orden	$a_{1A}$	3,409 W / m <sup>2</sup> K
Factor de pérdidas de 2do orden	$a_{2A}$	0,012 W / m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>
Modificador del ángulo de incidencia		
IAM ( $\theta = 50^\circ$ )	$K_\theta$	0,95
Capacidad térmica efectiva del captador		
Capacidad térmica del captador	kJ / K	12,493
Capacidad térmica / m <sup>2</sup> captador	kJ / Km <sup>2</sup>	5,432

\*) Informe del ensayo nº. 30.0055. 0-2 con fecha de 27.05.05 Laboratorio de Captadores Solares, Centro Nacional de Energías Renovables CENER

\*) Véase ficha técnica Tyfocor



CONTRASEÑA DE CERTIFICACIÓN DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA

NPS 7205

VALIDEZ HASTA:

26.05.09

## Características de los materiales

Absorbedor		
Parámetro	Unid.	SK 100M
Material		Cobre
Tratamiento superficial		Sunselect
Construcción tipo		Parrilla
Grosor	mm	0,2
Dimensiones	mm	1955 x 1108
Absorción ( $\alpha$ )		0,95 ± 0,02
Grado de emisión térmica (100°C)		$\epsilon_{100^\circ C} = 0,05 \pm 0,02$
Nº de tubos o canales		12
Nº de tuberías conectadas en paralelo		6
Nº de tramo de tuberías en serie		2
Material de las tuberías		Cobre
Diámetro de tubos o dimensiones de los canales	mm	Ø 22 x 0,8
Dimensiones de la tubería del absorbedor	mm	Ø 8 x 0,5
Unión tubería - absorbedor		Soldadura por ultrasonido
Cubierta		
Material		Vidrio solar transparente, endurecido y templado de bajo contenido en hierro
Número de cristales		1
Transmitancia $t$		0,908
Dimensiones	mm	2040 x 1200
Espesor	mm	3,2
Construcción de la carcasa		
Parámetro	Unid.	SK 100M
Material del marco		Doble perfil de aluminio anodizado según la gama RAL 9007
Material de la parte posterior	mm	Cuba de aluminio embutida con espesor 0,8
Material de sellado		Junta de EPDM
Dimensiones	mm	2047 x 1205 x 90
Aislamiento térmico del captador solar		
Parte posterior		
Material		Lana de roca libre de efectos de gasificación
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	50
Grosor	mm	50
Conductividad térmica $\lambda$	W/mK	0,045
Parte lateral		
Material		Lana de roca forrada con cristal de vellón negro
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	50
Grosor	mm	9

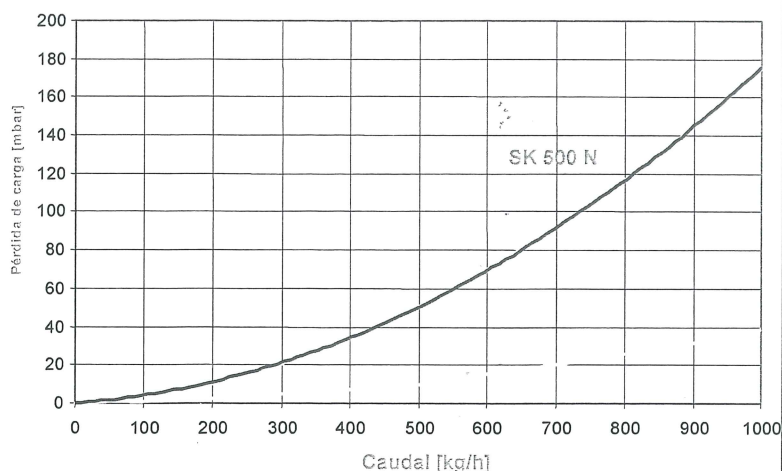


## Tabla pérdida de carga

Caudal [kg/h]	Pérdida de carga* [mbar]
SK 500N	
0	0
50	2,14
100	4,48
150	7,02
200	9,88
250	12,91
300	20,53
350	26,95
400	34,12
450	42,04
500	50,68
560	60,03
600	70,09
650	80,84
700	92,27
750	104,37
800	117,15
850	130,58
900	144,67
950	159,41
1000	174,8

\*) Agua 20°C

## Cálculo de la pérdida de carga SK 500N



## Accesorios con referencia

Fijaciones sobre tejado		
Tipo de fijación	Referencia	Nº artículo
Sistema de fijación con tirafondos para tejado universal	paralelo SSP	111 501
	con 20° de elevación SSA20	111 531
	con 45° de elevación SSA45	111 549
Sistema de fijación mediante estribos de tejado para tejado de tejas	paralelo DBP	111 601
	con 20° de elevación DBA20	111 631
	paralelo FKP	111 725
Sist. de fijación con dispositivo de apriete plegado/placa soporte para tejado de chapa	con 20° de elevación BDA20	111 701
	con 45° de elevación BDA45	111 707
Sist. de fijación mediante lastre de hormigón para tejado de tejas nórdicas	con 35° de elevación BBALSK35	111 807
	con 45° de elevación BBALSK45	111 813
Accesorios adicionales		
Descripción	Referencia	Nº artículo
Llave de montaje	MSSK500	141 608
Junta plana	KLINGER25	110 003
Tapón EPDM para vaina del sensor de Tª del colector	SK500-FRS	110 004
Set de conexión de latón a soldar a tubo, 1" x Cu22 mm	RG433022	110 001
Cinta portadora para captador	TGSK	141 607
Cubierta de lona	SK500AP	110 031

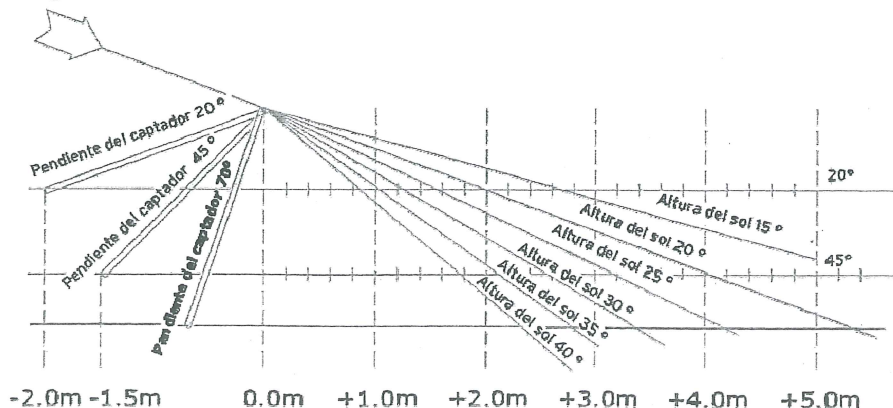
## Requisitos y recomendaciones de planificación

- Véase manual para montaje SK500N con su estructura o sistema de fijación correspondiente.
- Conexiones (uniones roscadas)**
- No conectar más de 6 captadores solares en serie y en cualquier caso ajustarse a las especificaciones del CTE.
- En caso de una configuración del campo de captación con más de 6 captadores en una batería, prever elementos de dilatación.
- El captador solar SK500N dispone de una vaina para la sonda del captador, lo cual indica normalmente la dirección de flujo del captador (salida caliente) de referencia para tomar la temperatura del campo de captación.

## Estructura soporte

- Véase documento básico DB SE - AE Seguridad Estructural y Acciones en la edificación.

## Diagrama de cálculo de las distancias de sombras

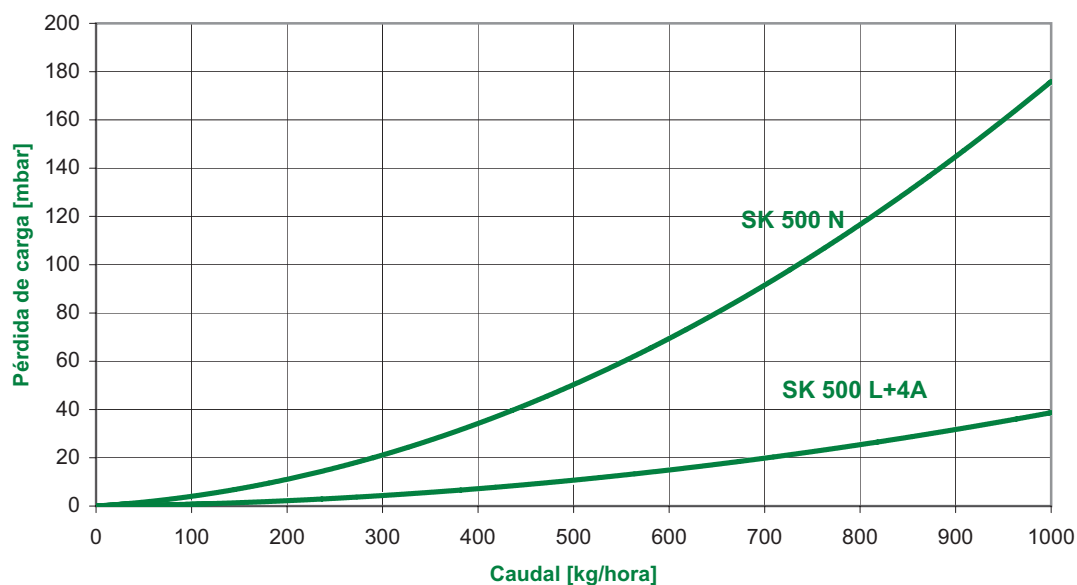


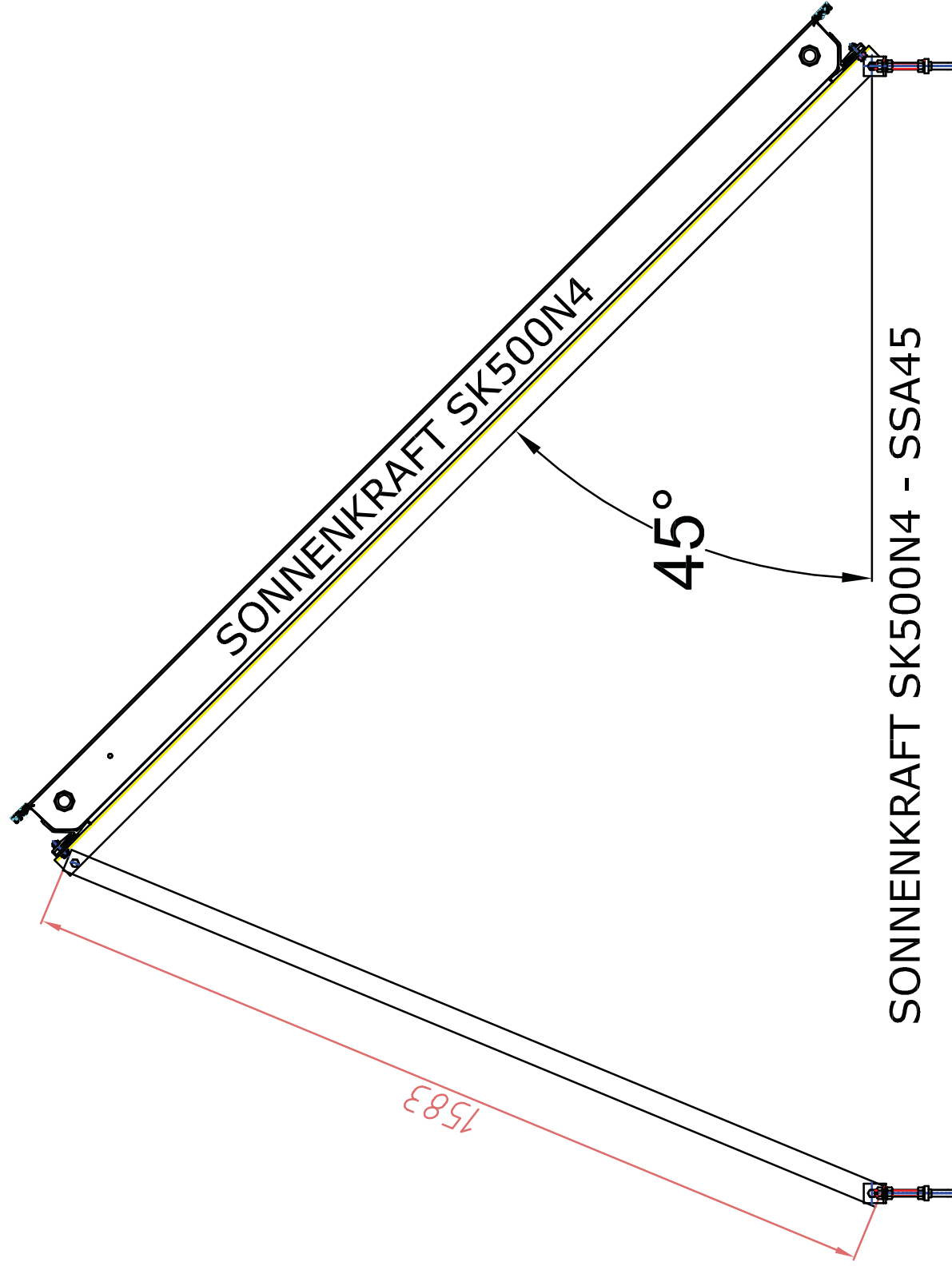


## CALLULO DE LA PERDIDA DE CARGA SK 500 L + 4A (Agua, 20°C)

CAUDAL [kg/h]	PERDIDA DE CARGA [mbar]	
	SK 500 L+4A	SK 500 N
0	0,00	0,00
50	0,57	2,14
100	1,20	4,48
150	1,92	7,02
200	2,82	9,88
250	3,76	12,91
300	4,79	20,53
350	5,92	26,95
400	7,14	34,12
450	8,46	42,04
500	9,86	50,68
550	11,36	60,03
600	15,13	70,09
650	17,51	80,84
700	20,06	92,27
750	22,76	104,37
800	25,62	117,15
850	28,64	130,58
900	31,81	144,67
950	35,14	159,41
1000	38,63	174,80

### CALCULO DE LA PERDIDA DE CARGA SK 500 L + 4A





# Solar Collector Factsheet

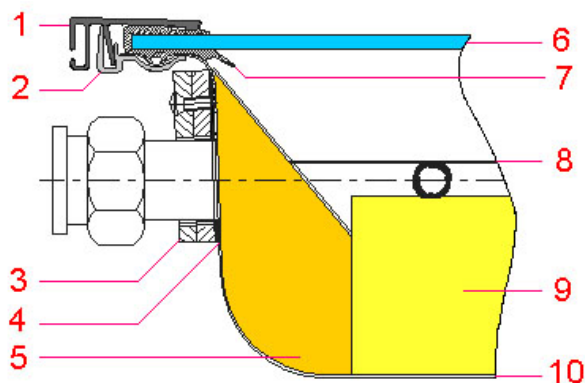
## Sonnenkraft SK500N



<b>Modelo</b>	<b>SK500N</b>
<b>Tipo</b>	Colector plano
<b>Fabricante</b>	Sonnenkraft Vertriebs GmbH
<b>Dirección</b>	Industriepark
	AT-9300 St. Veit
<b>Teléfono</b>	+43 04212 45010
<b>Telefax</b>	+43 04212 45010 477
<b>Email</b>	office@sonnenkraft.com
<b>Internet</b>	<a href="http://www.sonnenkraft.com">www.sonnenkraft.com</a>
<b>Fecha de ensayo</b>	07.2003

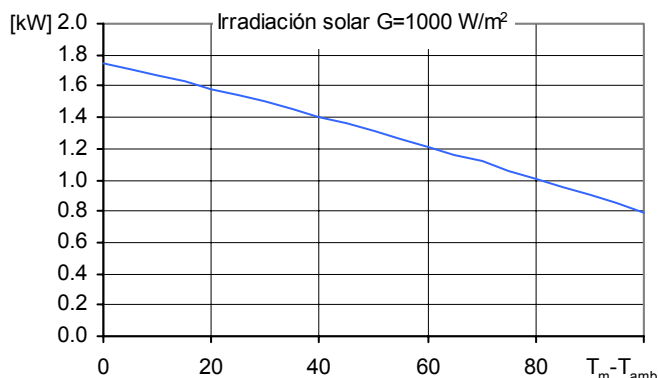
- ☒ Ensayo de rendimiento EN12975:2001  
☐ Ensayo de durabilidad EN12975:2001

Dimensiones		Datos técnicos	
<b>Longitud total</b>	2.078 m	<b>Caudal mínimo</b>	120 l/h
<b>Anchura total</b>	1.238 m	<b>Caudal nominal</b>	400 l/h
<b>Superficie bruta</b>	2.573 m <sup>2</sup>	<b>Caudal máximo</b>	1250 l/h
<b>Área de apertura</b>	2.204 m <sup>2</sup>	<b>Contenido de fluido</b>	1.7 l
<b>Área de absorbedor</b>	2.173 m <sup>2</sup>	<b>Presión máxima de operación</b>	10 bar
<b>Peso vacío</b>	47 kg	<b>Temperatura de estancamiento</b>	-- °C
Montaje del captador		Informaciones adicionales	
<input checked="" type="checkbox"/> En tejado con inclinación		<input type="checkbox"/> Módulos disponibles en diversos tamaños	
<input checked="" type="checkbox"/> Integrado en tejado con inclinación		<input type="checkbox"/> Cubierta intercambiable	
<input checked="" type="checkbox"/> Sobre tejado plano con estructura		<b>Conexiones hidráulicas</b>	
<input type="checkbox"/> A la fachada		G1"	
Construcción			

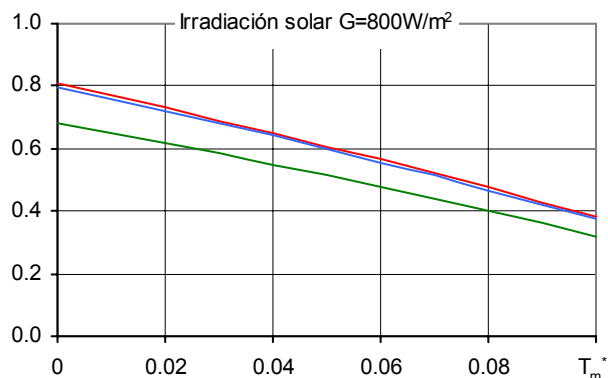


- 1 Listón de cubierta
- 2 Perfil del soporte del vidrio
- 3 Placa para la brida
- 4 Junta
- 5 Aislamiento térmico lateral
- 6 Cubierta
- 7 Perfil de junta
- 8 Absorbedor
- 9 Aislamiento térmico
- 10 Caja

**Rendimiento máximo  $W_{peak}$**



**Eficiencia relativa  $\eta$**



**Rendimiento máximo  $W_{peak}$**  1751 W

**Capacidad térmica\*** 5.5 kJ/K

**Caudal usado para los ensayos** 300 l/h

**Fluido de transferencia de calor** Agua-Glicol 33.3%

**Área referencia** **Total** **Apertura** **Absorbedor**

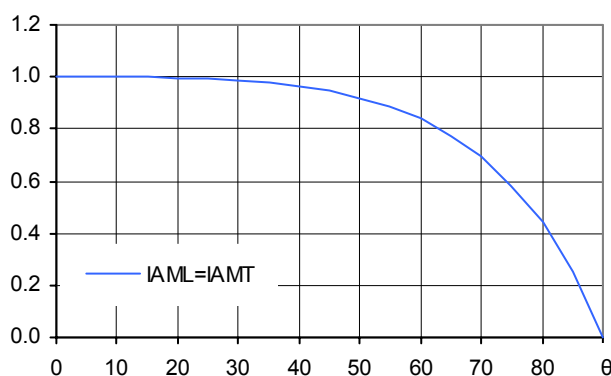
$\eta_0$  0.681 0.795 0.806

$a_1$  [ $WK^{-1}m^{-2}$ ] 3.11 3.63 3.68

$a_2$  [ $WK^{-2}m^{-2}$ ] 0.0061 0.0071 0.0072

\*) Capacidad térmica específica C del captador sin líquido, determinado según 6.1.6.2 del EN12975-2:2001

**Modificador del ángulo IAM**



**Caída de presión  $\Delta p$**

**K1, transversal IAM a 50°** 0.92

**K2, longitudinal IAM a 50°** 0.92

**Caída de presión para caudal nominal:**

$\Delta p = \dots$  Pa ( $T=20^\circ C$ )

**SPF Simulación de sistemas con Polysun**

**Breve descripción del sistema**

Clima: Suiza central, orientación del captador: Sur,  
agua fría 10°C, agua caliente sanitaria 50°

**Superficie requerida\*\***  
**Número de captadores**

**Rendimiento solar\*\***

**Agua caliente sanitaria:  $F_{ss}^* = 60\%$**

Depósito 450 litros, Inclinación del captador 45°,  
Necesidad diaria de energía 10 kWh (4-6 personas),  
Necesidad energética del sistema de referencia 4200 kWh/año

4.92 m<sup>2</sup>  
2.2 captadores

517 kWh/m<sup>2</sup>

**Precalentamiento del ACS:  $F_{ss}^* = 25\%$**

2 depósitos: 1500 litros & 2500 litros, Inclinación del captador 30°,  
Agua caliente sanitaria 10'000 l/día (200 personas),  
Pérdida diaria de calor (circulación & depósito) 60 kWh,  
Necesidad energética del sistema de referencia 191'700 kWh/año

64.5 m<sup>2</sup>  
29.3 captadores

744 kWh/m<sup>2</sup>

**Calefacción de espacio:  $F_{ss}^* = 25\%$**

Almacenamiento combinado 1200 litros, Inclinación del captador 45°,  
Necesidad diaria de energía 10 kWh (4-6 personas), Edificio 200 m<sup>2</sup>,  
Construcción intermedia fuerte, bien aislada,  
Necesidades potencia de calentamiento 5.8 kW (temperatura exterior -8°C),  
Necesidades energéticas de calentamiento 12140 kWh/año,  
Necesidades energética del sistema referencia 16340 kWh/año

15.0 m<sup>2</sup>  
6.8 captadores

355 kWh/m<sup>2</sup>

\*) Fractional solar savings: Fracción de la energía final que, gracias al sistema solar, puede ser ahorrada comparada con un sistema de referencia.

\*\*) La necesidad en superficie y el rendimiento solar son definidos en relación a la superficie de apertura.



## M6-MW

### Semi-welded plate heat exchanger

#### Applications

Heating and cooling of aggressive media. Duties in refrigeration installations.

#### Standard design

The plate heat exchanger consists of a pack of corrugated metal plates with portholes for the passage of the two fluids between which heat transfer will take place.

The plate pack is assembled between a fix frame plate and a movable pressure plate and compressed by tightening bolts. The semi-welded plates combine the flexibility and serviceability of the gasketed heat exchangers with the assurance against leakage of the welded heat exchangers. In the plate arrangement, every other channel is welded, and every other channel is gasketed. The number of plates is determined by the flow rate, physical properties of the fluids, pressure drop and temperature program. The plate corrugations promote fluid turbulence and support the plates against differential pressure.

The semi-welded plate heat exchanger is provided with gaskets specifically designed to resist aggressive media. The non-aggressive media flows in the gasketed channels. This construction means that it can easily be dismantled, for example for exchanging gaskets or for inspection and cleaning of the gasketed channels.

Corrosion-resistant plate materials, the absence of pressure retaining welds, double gasket seals, and a flexible yet vibration resistant design - to assure long life and trouble free operation.

The frame plate and the pressure plate are suspended from an upper carrying bar and located by a lower guiding bar, both of which are fixed to a support column. Connections are located in the frame plate or, if either or both fluids make more than a single pass within the unit, in the frame and pressure plates.

#### Typical capacities

##### Liquid flow rate

Up to 16 kg/s, depending on media, permitted pressure drop and temperature program.

##### Refrigeration duties

10-70 RT/35-250 kW

##### Plate types

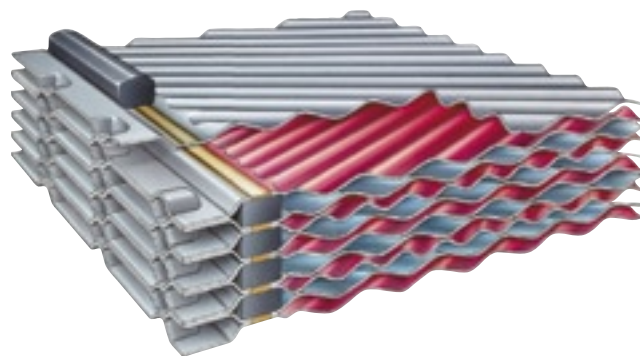
M6-MW

##### Frame types

FG and FD



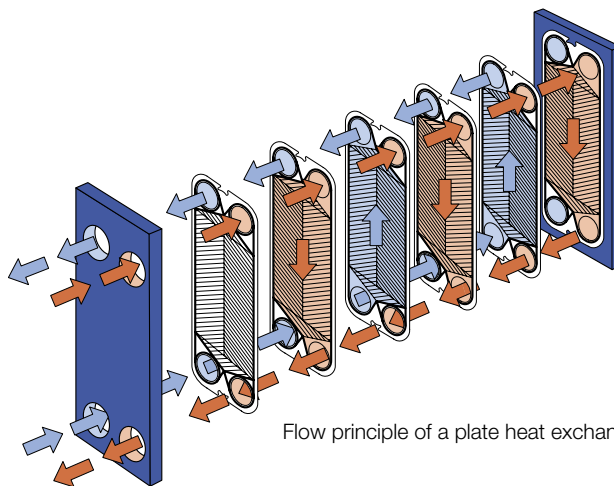
M6-MWFG



Cross section of a semi-welded plate heat exchanger

## Working principle

Channels are formed between the plates and the corner ports are arranged so that the two media flow through alternate channels. The heat is transferred through the plate between the channels, and complete counter-current flow is created for highest possible efficiency. The corrugation of the plates provides the passage between the plates, supports each plate against the adjacent one and enhances the turbulence, resulting in efficient heat transfer.



Flow principle of a plate heat exchanger

## Standard materials

### Frame plate

Mild steel, Epoxy painted

### Nozzles

Carbon steel

Metal lined; Stainless steel, Titanium

### Plates

Stainless steel AISI 316 or Titanium

### Gaskets

Field gaskets Nitrile, EPDM

Ring gaskets Chloroprene, EPDM

### Connections

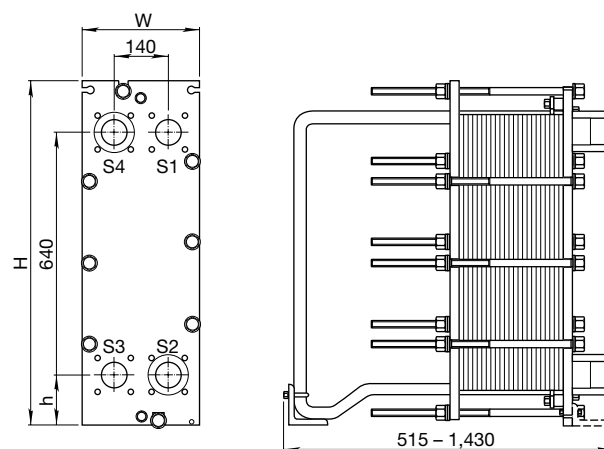
FG PED Size 50 mm DIN PN16

FG ASME Size 2" ANSI 150

FD PED Size 50 mm DIN PN25

FD ASME Size 4" ANSI 300

## Dimensions



## Technical data

### Mechanical design pressure (g) / temperature

FG PED 1.6 MPa / -40 to 180°C

FG ASME 150 psig / -40 to 320°F

FD PED 2.5 MPa / -40 to 180°C

FD ASME 300 psig / -40 to 320°F

### Measurements (mm)

Type	H	W	h
M6-FG	920	320	140
M6-FD	940	330	150

The number of tightening bolts may vary depending on pressure rating.

### Maximum heat transfer surface

30 m<sup>2</sup> (330 sq. ft)

## Particulars required for quotation

- Flow rates or heat load
- Temperature program
- Physical properties of liquids in question (if not water)
- Desired working pressure
- Maximum permitted pressure drop
- Available steam pressure

EPM00057EN 0407

All rights reserved for changes in specifications

### How to contact Alfa Laval

Contact details for all countries are continually updated on our website. Please visit [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com) to access the information directly.

# Statico SU

SU 140 a SU 800 / 3, 6 y 10 bar



Depósito Statico SU

## Descripción

- Vaso de expansión a presión con carga fija de aire para instalaciones cerradas de calefacción, refrigeración y solares con agua (aditivo anticongelante hasta máximo 50%), según normas EN 12828, EN 12976 y EN 12977.
- Construcción en acero mediante embutición profunda y soldadura. Diseño cilíndrico y estilizado, color "beryllium".
- Vejiga de butilo "airproof", estanca al aire y resistente a la difusión (no recambiable), según norma DIN 4807 T3 y norma de calidad PNEUMATEX. Protección asegurada contra la entrada de oxígeno en la instalación a través del vaso de expansión. Presión inicial fiable y duradera.
- Aro de apoyo inferior para montaje vertical y cáncamo de elevación para facilitar el transporte.
- Orificio endoscópico para inspecciones internas en vasos con  $P \times V > 1.000$  (bar x litro).
- Certificado de examen de tipo CE según PED / DEP 97/23/CE.
- 5 años de garantía en vejigas de butilo "airproof".
- Fabricación Suíza por PNEUMATEX

## Características técnicas

• Volúmenes nominales	VN	de 140 a 800	litros
• Presiones máximas de servicio	PS	3 – 6 – 10 <sup>(1)</sup>	bar
• Presión de preinflado (modificable)	P0	1,5 - 3,5 - 4,0 <sup>(2)</sup>	bar
• Temperatura máx. de servicio	TS	120	°C
• Temperatura mín. de servicio	TS <sub>min</sub>	-10	°C
• Temperatura máx. en vejiga <sup>(3)</sup>	TB	70	°C
• Temperatura mín. en vejiga <sup>(3)</sup>	TB <sub>min</sub>	5	°C

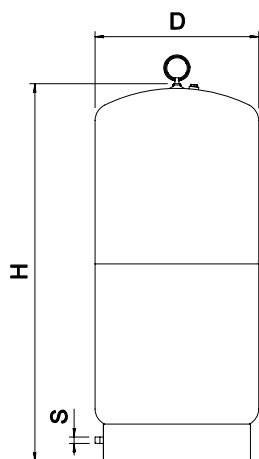
<sup>(1)</sup> Modelo SU 800 disponible a 3 y 6 bar. No disponible a 10 bar.

<sup>(2)</sup> 1,5 bar en modelos de 3 bar

3,5 bar en modelos de 6 bar

4,0 bar en modelos de 10 bar

<sup>(3)</sup> Utilizar vasos tampón tipo D... cuando estas temperaturas vayan a ser sobrepasadas (Ver ficha técnica correspondiente).



## Dimensiones y pesos

Statico SU	VN (l)	PS (bar)	Ø D (mm)	H (mm)	S (R)	Peso (Kg)		
						3 bar	6 bar	10 bar
140	140	3   6   10	420	1.265	3/4"	39	42	45
200	200	3   6   10	500	1.325	3/4"	49	52	55
300	300	3   6   10	560	1.440	3/4"	60	65	69
400	400	3   6   10	620	1.490	3/4"	70	75	79
500	500	3   6   10	680	1.575	3/4"	83	89	93
600	600	3   6   10	740	1.580	3/4"	103	110	115
800	800	3   6   10	740	2.130	3/4"	116	130	-



# Statico SU

SU 140 a SU 800 / 3, 6 y 10 bar

## Esquema de instalación

### Suministro Pneumatex:

#### Statico SU

Depósito de expansión con carga fija de aire, para instalaciones hasta aprox. 700 kW

#### Rellenado de agua Pleno

Unidades de relleno de agua Pleno PI y PI... (Control por presión o por sensores de contenido)

#### Purgadores y separadores ZEPARO

Purgadores de aire Zeparo Top ZUT  
Separadores de microburbujas y partículas de lodos ZEPARO ZIO, ZIK, ZEK, ....

#### Desgasificadores por depresión Vento (No representado)

Desgasificadores por depresión Vento V.

#### Válvulas de corte de seguridad KAH

Válvulas de corte de seguridad con capuchón de protección y vaciado.

#### Hidrómetros y termohidrómetros, H, TH

Indicación de presión y temperatura.

#### Válvulas para hidrómetro DH

Válvulas de hidrómetros, medición sólo cuando se pulsa el botón de la válvula.

#### Depósitos D... (No representado)

Depósitos intermedios D...estratificadores de temperaturas.  
(Protección de vejigas para  $-5^{\circ}\text{C} < \text{TR} < 70^{\circ}\text{C}$ )

#### Válvulas de seguridad

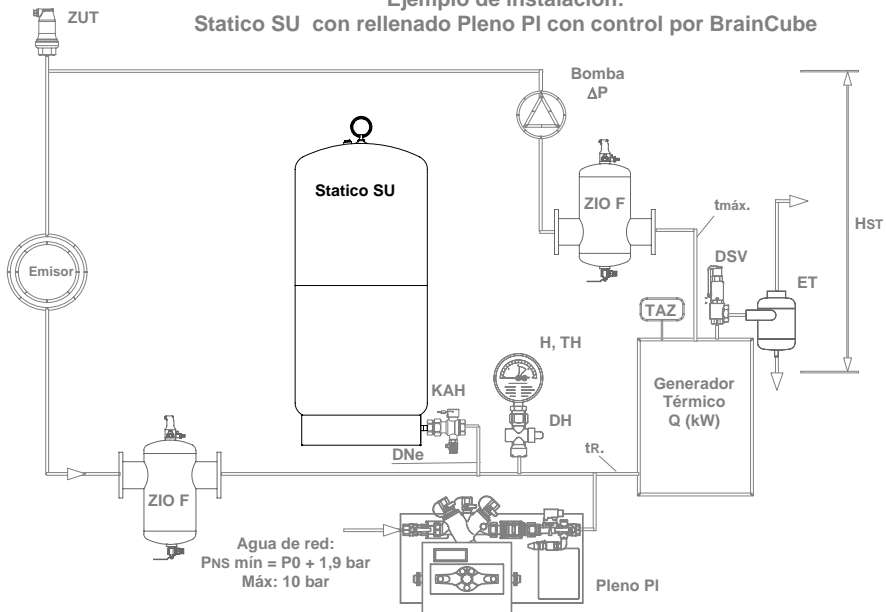
Válvulas de seguridad para calderas DSV.

#### Separadores de vapor ET

Separadores de vapor-agua para válvulas de seguridad.

(Para más información ver ficha técnica de específica de cada producto)

### Ejemplo de instalación: Statico SU con relleno Pleno PI con control por BrainCube



#### DNe Tubería de expansión

Q (kW)	1000	1700	3000	3900	6000	11000	15000	23000
DNe *	20	25	32	40	50	65	80	100

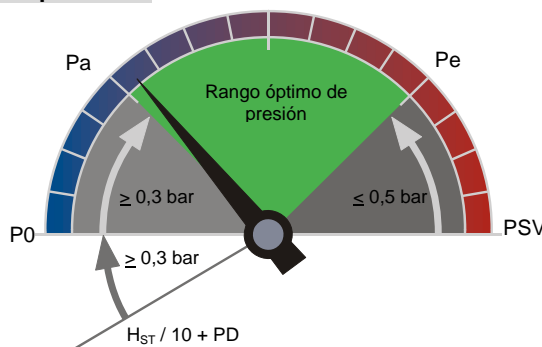
Longitud máxima hasta 30 m.

## Cálculo de presiones

### Legenda:

$H_{ST}$  = Altura estática  
 $P_0$  = Presión de inflado de aire  
 $P_a$  = Presión de llenado con agua  
 $P_e$  = Presión máx. instalación  
 $PSV$  = Presión válvula seguridad  
 $\Delta P$  = Presión de bomba  
 $t_{max}$  = Temperatura máx. instalación  
 $t_R$  = Temperatura retorno  
 $TAZ$  =  $T^a$  del limitador de caldera  
 $p_D$  = Presión evaporación a  $TAZ$

- 1 = Vaso en aspiración de bomba
- 2 = Vaso en impulsión de bomba



#### Presión de inflado $P_0$ (con aire)

- 1  $P_0 = H_{ST}/10 + 0,3 \text{ bar} + p_D$
  - 2  $P_0 = H_{ST}/10 + 0,3 \text{ bar} + p_D + \Delta P$
- Si  $TAZ \leq 100^{\circ}\text{C}$   $p_D = 0 \text{ bar}$   
Si  $TAZ = 105^{\circ}\text{C}$   $p_D = 0,2 \text{ bar}$   
Si  $TAZ = 110^{\circ}\text{C}$   $p_D = 0,4 \text{ bar}$

#### Presión de llenado $P_a$ (con agua)

$P_a \geq P_0 + 0,3 \text{ bar}$  (para  $t = t_{min.}$ )

#### Presión máx. instalación $P_e$

$P_e \leq PSV - 0,5 \text{ bar}$  (para  $t = t_{max.}$ )

## Selección rápida <sup>(1)</sup>

Selección rápida de los depósitos de expansión Pneumatex Statico en función de la potencia instalada en calefacción, de la temperatura y presiones de la instalación y del tipo de emisor existente.

Potencia instalada en calefacción Q (kW)   ⇒			150	200	300	400	500	600	800	1.000	
Tipo de emisor (Radiadores...)	Radia. acero panel (90/70 °C)	Presión mín. P0 y presión válvula seg. PSV (bar)	P0 = 1,0 / PSV = 3,0	SU 140 3 bar	SU 200 3 bar	SU 300 3 bar	SU 400 3 bar	SU 500 3 bar	SU 600 3 bar	SU 800 3 bar	SG 1000 <sup>2</sup> 6 bar
			P0 = 3,0 / PSV = 6,0	SU 140 6 bar	SU 200 6 bar	SU 300 6 bar	SU 400 6 bar	SU 500 6 bar	SU 600 6 bar	SU 800 6 bar	SG 1000 <sup>2</sup> 6 bar
	Aerotermos           (70/60 °C)		P0 = 1,0 / PSV = 3,0	SU 140 3 bar	SU 140 3 bar	SU 200 3 bar	SU 300 3 bar	SU 300 3 bar	SU 400 3 bar	SU 500 3 bar	SU 600 3 bar
			P0 = 3,0 / PSV = 6,0	SU 140 3 bar	SU 140 6 bar	SU 200 6 bar	SU 300 6 bar	SU 400 6 bar	SU 400 6 bar	SU 500 6 bar	SU 800 6 bar
	Suelo radiante       (40/30 °C)		P0 = 1,0 / PSV = 3,0	SU 140 3 bar	SU 200 3 bar	SU 300 3 bar	SU 300 3 bar	SU 400 3 bar	SU 500 3 bar	SU 600 3 bar	SU 800 3 bar
			P0 = 3,0 / PSV = 6,0	SU 140 6 bar	SU 200 6 bar	SU 300 6 bar	SU 400 6 bar	SU 500 6 bar	SU 600 6 bar	SU 800 6 bar	SG 1000 <sup>2</sup> 6 bar

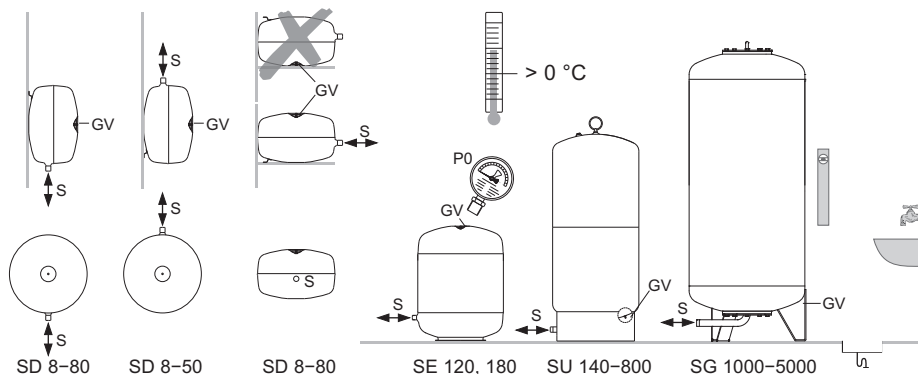
<sup>(1)</sup> Para un cálculo preciso póngase en contacto con nuestro departamento de estudios y valoraciones

<sup>(2)</sup> Ver ficha técnica de depósitos SG

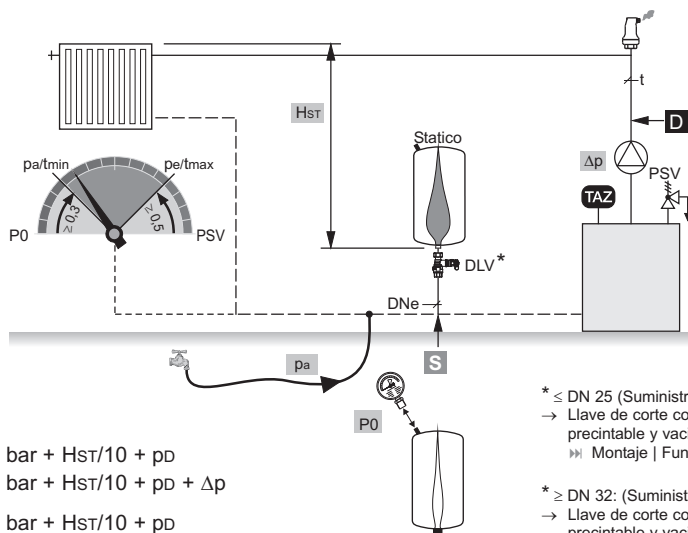




## Instalación



**P0 : Presión de inflado | pa : Presión de llenado en frío**



- S**  $P0 = 0,3 \text{ bar} + H_{st}/10 + p_D$   
**D**  $P0 = 0,3 \text{ bar} + H_{st}/10 + p_D + \Delta p$   
**S**  $p_a \geq 0,6 \text{ bar} + H_{st}/10 + p_D$   
**D**  $p_a \geq 0,6 \text{ bar} + H_{st}/10 + p_D + \Delta p$

$p_D = 0 \text{ bar} \quad TAZ \leq 100 \text{ °C}$   
 $p_D = 0,2 \text{ bar} \quad TAZ = 105 \text{ °C}$   
 $p_D = 0,4 \text{ bar} \quad TAZ = 110 \text{ °C}$

\*  $\leq \text{DN } 25$  (Suministro Pneumatex)  
 → Llave de corte con capuchón precintable y vaciado DLV  
 » Montaje | Funcionamiento

\*  $\geq \text{DN } 32$ : (Suministro por terceros)  
 → Llave de corte con capuchón precintable y vaciado

## DNe Tubería de expansión

DNe**	20	25	32	40	50	65	80	100
EN 12828 Q   kW	1000	1700	3000	3900	6000	11000	15000	23000

\*\* Longitud hasta aproximadamente 30 m |

### Vaso de expansión a presión con carga fija de aire

#### Consignas de seguridad, montaje y almacenamiento



Estas instrucciones están dirigidas a personal cualificado y deben ser leídas detenidamente antes de comenzar los trabajos de montaje. Luego deben ser entregadas al usuario final de la instalación para su conservación. El personal de montaje y operación debe tener conocimientos

técnicos apropiados y debe estar adecuadamente formado. Los Statico deben almacenarse en su embalaje original y en lugar seco. Deben instalarse en locales bien ventilados y al abrigo de heladas. Antes de su montaje deben ser verificados visualmente y en caso de presentar graves deterioros, no deberán ser utilizados. Nunca se deben realizar trabajos de soldadura en los vasos Statico.

La información sobre el fabricante, el año de construcción, el número de fabricación, así como los datos técnicos figuran en la placa de características. Es importante tomar medidas adecuadas para que nunca se sobrepasen las temperaturas TS y presiones PS máximas admisibles. En caso de que se vayan a sobrepasar los límites de temperaturas admisibles de la vejiga TB, hay que instalar un vaso intermedio en la tubería de expansión, antes del vaso de expansión.

El vaso debe estar sin presión y frío antes de realizar sobre él, cualquier tipo de trabajo de montaje, inspección o desmontaje.

- Aislar y vaciar el lado de agua.
- Desinflar el vaso presionando sobre la válvula de inflado GV.



Atención: El vaso y en la tubería de expansión puede contener agua a presión a temperaturas elevadas.

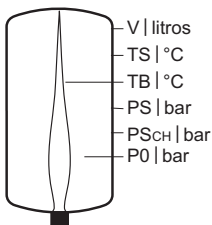
#### Aplicación | Construcción

- Instalaciones de calefacción, de refrigeración y solares por agua en circuito cerrado.
- Construcción en acero y con soldadura.
- Vejiga estanca de butilo "airproof". Garantía: 5 años.
- Orificios endoscópicos de inspección interior para vasos con  $P \times V > 1000 \text{ bar} \times \text{litros}$ .
- Aditivo antihielo hasta un máximo del 50%.
- Certificado de tipo CE según PED/DEP 97/23/EC.

Cualquier tipo de aplicación diferente de las indicadas, requiere de la autorización expresa de Pneumatex.

#### Montaje (» Pág. 1)

Los vasos Statico SD preferiblemente deben ser fijados a una pared mediante su pletina de sujeción y un tornillo, con su conexión hacia abajo. Para los otros montajes autorizados (» Pág. 1) prever una fijación apropiada.



Los modelos Statico SE, SU y SG se montan en posición vertical. La conexión del vaso expansión debe realizarse preferentemente en el retorno de la instalación, en el lado de aspiración de la bomba de recirculación **S** – tener en cuenta la dimensión DNe de la tubería de expansión. Es aconsejable montar una válvula de vaciado y una válvula de corte protegida, en la conexión del vaso (válvula de corte de seguridad con capuchón DLV).

#### Ajuste de la presión de inflado P0 (» Pág. 1)

El valor de la presión de inflado preajustado en fábrica debe ser adaptada a las necesidades de presión de cada instalación. Vaciar de agua el vaso, quitar el tapón de la válvula de aire, ajustar la presión de inflado en la válvula GV, cerrar a fondo el tapón de la válvula. Los vasos en paralelo deben tener la misma presión de inflado.

#### Ajuste de la presión de llenado en frío pa (» Pág. 1)

Los vasos Statico deben contener siempre agua. Para ello, la instalación debe llenarse en frío hasta al menos la presión de llenado pa ( $pa = P0 + 0,3$ ). El cálculo exacto de presiones en la instalación – presión de llenado en frío pa (tmin) | presión final en caliente pe (tmax) – incluso en función de la temperatura t, puede obtenerse "on line" con *SelectPI*. Los sistemas de rellenado automático, como los Pleno, deben garantizar la presión de llenado y comenzar a funcionar cuando  $\Delta pa \leq -0,2$ .

#### Anotar los valores P0, pa y pe

Anote el valor de la presión de inflado P0 en el lugar libre de la placa de características. Anote además los valores de presión de llenado pa y presión final pe en la etiqueta EXplic suministrada con el Statico.

#### Mantenimiento

Los intervalos de mantenimiento indicados se refieren a "instalaciones estancas" con pérdidas  $\leq 3 \text{ l. o } \leq 0,5\%$  del volumen de la instalación. Pérdidas mayores requerirán intervalos más cortos y deberán ser verificadas por un especialista. En los intervalos indicados, las diferencias de presión con respecto a los ajustados en la puesta en marcha, no deberían ser superiores  $\Delta = -0,2 \text{ bar}$ .

P0: Intervalo de mantenimiento  $\leq 5$  años:  $\Delta P0 \leq -0,2 \text{ bar}$   
pa: Intervalo de mantenimiento  $\leq 1$  año:  $\Delta pa \leq -0,2$

#### Cambio de vejigas

Los vasos SD y SU son de vejiga no recambiable y en caso de rotura, debe sustituirse todo el vaso. Los vasos SG son de vejiga recambiable.



Diríjanse al servicio post-venta Pneumatex

#### Inspecciones

En función del país de instalación, los vasos Statico pueden estar sujetos a inspecciones de instalación y a inspecciones regulares. En general, el usuario es el responsable de que se realicen dichas inspecciones.

Distribuidor en España

**INDEL CASA** "Ingeniería del Calor S.A."  
Pol. Ind. Granada II - Parc. AB-6, N-13  
E-48530 ORTUUELA - BIZKAIA  
Tel. +34 902107780  
Fax +34 944467076  
webmaster@indelcasa.es  
**www.indelcasa.es**





# PED/DEP 97/23/EC - 29.05.1997

**A Ausdehnungs-, Zwischen- und Entgasungsgefäße** für Heizungs- Kühl- und Trinkwasseranlagen:  
**Vasos de expansión, vasos intermedios y vasos de desgasificación** para instalaciones de calefacción, refrigeración y agua potable:  
**Expansion vessels, intermediate vessels and degassing vessels** for heating, cooling and drinking water installations:  
**Expansievaten, tussenvaten en ontgassingsvaten** voor verwarmings-, zonne- en koelwatersystemen:

Compresso, Transfero, Vento, Aquapresso, Statico, Zwischengefäße | Vases intermedios | Intermediate vessels | Tussenvaten

**B Baugruppe** Gefäß + TecBox:

**Módulo** Vaso + TecBox:

**Assembly** Vessel + TecBox:

**Bouwgroep** Vat + TecBox:

Compresso, Transfero, Vento

Konformitätsbewertungsverfahren Procedimiento de evaluación de conformidad Conformity assessment Conformiteitsevaluatie	nach Modul B + D (Kategorie I-IV) según módulo B + D (categoría I-IV) according to module B + D (category I-IV) conform module B + D (categorie I-IV)
Gewählte technische Spezifikation Especificaciones técnicas utilizadas Chosen technical specification Gekozen technische specificatie	PED/DEP 97/23/EC AD 2000-Regelwerk, TRD Código AD-2000, reglas técnicas para calderas a vapor Code AD-2000, technical rules for steam boilers Code AD-2000, technische regelgeving voor stoomketels
Druckgerät   Equipos a presión   Pressure equipment   Drukapparaat	A: Artikel   Artículo   Article   Artikel 3   1.1a B: Artikel   Artículo   Article   Artikel 3   2.2
Fluidgruppe   Fluidos del grupo   Fluid Group   Vloeistofcategorie	2
Benannte Stelle für Entwurf/Baumusterprüfung; Herstellung/Prüfung; Zertifizierung des Qualitätssystems Organismo notificado para el diseño/homologación; fabricación/control; certificación del sistema de calidad Notified body for design/type examination; manufacture/check-out; certification of Quality System Verwittigde instantie voor ontwerp/typekeur; fabricage/ eindcontrole; certificering van kwaliteitsborgingsysteem	Swiss TS und TÜV SÜD Industrie Service GmbH Technical Services AG y Westendstrasse 199 Richtstrasse 15 and D-80686 München CH-8304 Wallisellen en
Kennzeichnung gem.   Identificación según   Label according to   Identificatie conform	PED/DEP 97/23/EC   CE 0036
Zertifikat-Nr. der EG-Baumusterprüfung (Modul B) N° del certificado de examen «CE de tipo» (módulo B) Certificate no. of EC Type Approval (module B) Certificaat nummer van EC typekeur (module B)	IS-CH-SWISSTS-06-06-36267-015 - TecBox Compresso IS-CH-SWISSTS-06-06-36267-016 - TecBox Transfero FDB-MAN/00/12/6449123/03 - Ausdehnungsgefäße   Vasos de expansión   Expansion vessels   Expansievaten FDB-MAN/00/07/6449123/01 - Längsnahtgeschweisste Gefäße   Vases con soldadura longitudinal   Longitudinal weld vessels   Langsnaadgelaste vaten FDB-MAN/00/07/6449123/02 - Tiefgezogene Gefäße   Vases a embutición profunda   Deep-drawn vessels   Diepgetrokken vaten
Sicherheitsventil Válvula de seguridad Safety valve Veiligheidsventiel gecertificeerd.	Transfero Pos. 2.3 Compresso Pos. SV PED/DEP 97/23/EC Vom Hersteller entsprechend gekennzeichnet und bescheinigt. Declaración de conformidad por fabricante de la válvula. Confirmed and signed by the manufacturer. Door de fabrikant dienovereenkomstig gemerkt en
Zertifikat des Qualitätssicherungssystems (Modul D) Certificado del Sistema de Aseguramiento de calidad (módulo D) Certificate of Quality Assurance System (module D) Certificaat van kwaliteitsborgingsysteem (module D)	DGR-0036-QS-105-00

Der unterzeichnete Hersteller bescheinigt hiermit, dass Konstruktion, Herstellung und Prüfung dieses Behälters den Anforderungen der Druck-  
geräterichtlinie PED/DEP 97/23/EC in Verbindung mit der gewählten technischen Spezifikation entsprechen. Nicht genannte Ausrüstungsteile  
fallen unter Artikel 3, Absatz 3.

El fabricante abajo firmante declara que el diseño, la fabricación y el control de este vaso cumple con las exigencias de la Directiva Europea  
PED/DEP 97/23/EC para equipos a presión que corresponden a las especificaciones técnicas elegidas. Los componentes no descritos están  
incluidos en el Artículo 3, Párrafo 3.

The undersigned manufacturer declares herewith that design, production and check-out of this vessel are in conformity with the Pressure  
Equipment Directive PED/DEP 97/23/EC in connection with the chosen technical specification sheets. Parts of equipment not mentioned are  
subject to Article 3, Paragraph 3.

De ondertekend fabrikant verklaart hiermee dat de constructie, fabricage en controle van dit vat conform zijn aan de drukapparaatrichtlijn  
PED/DEP 97/23/EC in combinatie met de gekozen technische specificatie. Niet genoemde uitrustingsdelen vallen onder Artikel 3 Paragraaf 3.

Hersteller | Fabricante | Manufacturer | Fabrikant:

Pneumatec AG  
Mühlerainstrasse 26  
CH-4414 Füllinsdorf

Christian Müller  
Quality Manager

**DU 140.6**  
Número del  
artículo: 7141002

- Depósito intermedio, instalaciones de calefacción, solares y de refrigeración;
- acero, soldado, color berilio;
- protección contra temperaturas inadmisibles en los depósitos de expansión, pies de apoyo para montaje vertical;
- construido según PED/DEP 97/23/EC;
- fabricado en Suiza por Pneumatex;

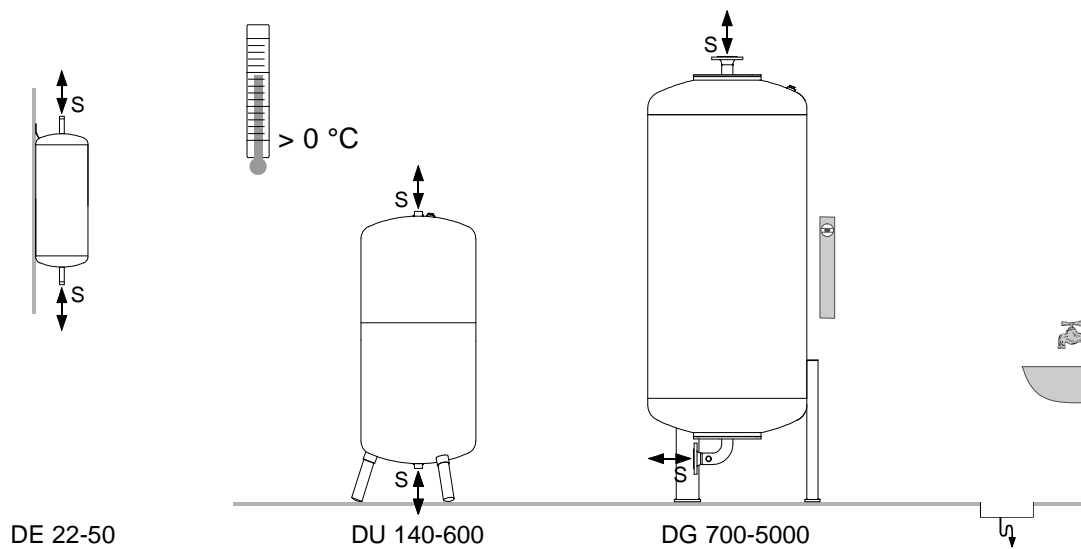


- Volumen nominal
- Presión máxima admisible
- Presión máxima admisible para Suiza
- Presión mínima admisible
- Temperatura máxima admisible
- Temperatura mínima admisible
- Conexión
- Diámetro
- Altura
- Peso en vacío

<b>VN</b>	140	litros
<b>PS</b>	6	bar
<b>PSch</b>	6	bar
<b>PSmin</b>	0	bar
<b>TS</b>	110	°C
<b>TSmin</b>	-10	°C
<b>S</b>	2x Rp 1 1/2	
<b>D</b>	420	mm
<b>H</b>	1366	mm
<b>G</b>	25	kg

## Vasos intermedios

### Instalación



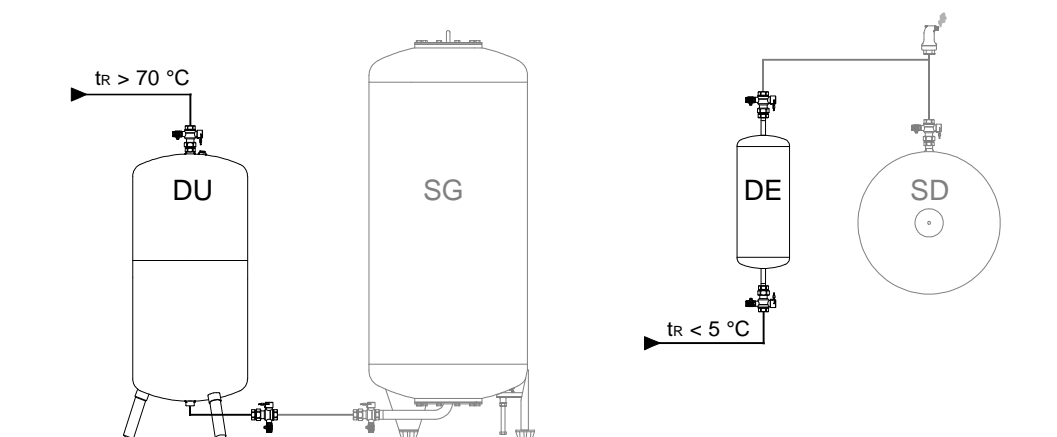
### Montaje

$t_R > 70\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ejemplo: Instalación de calefacción

$t_R < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ejemplo: Instalación de refrigeración



01

es

### Personal de montaje y operación

El personal de montaje y operación debe estar cualificado y tener conocimientos específicos.

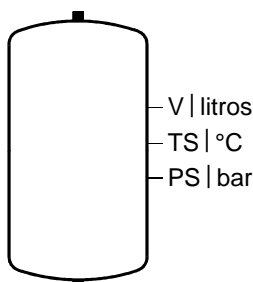
### Aplicación | Instalación

- Depósitos intermedios para protección de las vejigas de los vasos de expansión contra temperaturas inadmisibles.
- Instalaciones de calefacción, refrigeración o solares con temperaturas de retorno  $t_R > 70^\circ\text{C}$ , o  $t_R < 5^\circ\text{C}$
- Construcción en acero y con soldadura.
- Inspecciones internas a través de las tomas S
- Certificado de tipo CE según PED/DEP 97/23/EC.

Cualquier tipo de aplicación diferente de las indicadas, requiere de la autorización expresa de Pneumatex.

### Respeto de los parámetros

La información sobre el fabricante, el año de construcción, el número de fabricación, así como los datos técnicos figuran en la placa de características. Es importante tomar las medidas adecuadas para que nunca se sobrepasen las temperaturas TS y presiones PS máximas admisibles.



### Protección contra el contacto

Puede necesitarse un aislamiento térmico como protección contra posibles quemaduras, como consecuencia de un contacto eventual con las paredes del depósito, que pueden encontrarse a altas temperaturas.

### Utilización

Almacenarlos en lugares secos.

Antes de montar los vasos, hay que inspeccionarlos visualmente. Nunca utilizar un vaso que presente un deterioro importante. Nunca debe efectuarse ninguna soldadura en los vasos.

El vaso debe estar sin presión y frío antes de realizar sobre él, cualquier tipo de trabajo de montaje, inspección o desmontaje.

- Aislar el depósito con las llaves de corte superior e inferior.
- Vaciar por el racor inferior y airear por el superior para permitir el vaciado.

### Montaje (ver página 1)

Los vasos intermedios DE deben ser fijados a la pared mediante la pletina de sujección y un tornillo. Los vasos intermedios DU y DG se deben montar en posición vertical. En sistemas de calefacción, el flujo del agua de expansión a través del depósito intermedio debe ir de arriba hacia abajo. En sistemas de refrigeración de abajo hacia arriba. Recomendamos la utilización de llaves de corte de seguridad con capuchón y toma de vaciado incorporada (KAH).

### Mantenimiento

Los depósitos intermedios no requieren ningún mantenimiento.

### Inspecciones

En función del país de instalación, los vasos Statico pueden estar sujetos a inspecciones de instalación y a inspecciones regulares. En general, el usuario es el responsable de que se realicen dichas inspecciones.





nach Richtlinie PED/DEP 97/23/EC des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997  
Certificación CE según Directiva PED/DEP 97/23/EC del Parlamento Europeo y del Consejo, del 29 mayo de 1997  
according to PED/DEP 97/23/EC of the European Parliament and the Council of May 29, 1997  
conform de richtlijnen PED/DEP 97/23/EC van het Europees parlement en de Commissie van 29 Mei 1997

<b>Ausdehnungs- und Zwischengefässe</b>	<b>Vasos de expansión y vasos intermedios</b>	<b>Expansions- and intermediate vessels</b>	<b>Expansievaten en Tussenvaten</b>
für Heizungs- Kühl- und Trinkwasseranlagen:	para instalaciones de calefacción, refrigeración y agua potable:	for heating, cooling and drinking water installations:	voor verwarmings-, zonne- en koelwatersystemen:

Aquapresso, Compresso, Statico, Transfero, Zwischengefässe | Vases intermédiaires | Intermediate vessels | Tussenvaten

Konformitätsbewertungsverfahren nach Modul Procedimiento de evaluación de la conformidad según módulo Conformity assessment according to module Conformiteitsevaluatie conform module		B+D (Kategorie I-IV)
Gewählte technische Spezifikation Especificación técnica utilizada Chosen technical specification Gekozen technische specificatie	PED/DEP 97/23/EC	AD 2000-Regelwerk, TRD Code AD-2000, normas técnicas para calderas a vapor Code AD-2000, technical rules for steam boilers Code AD-2000, technische regelgeving voor stoomketels
Fluidgruppe   Fluidos del grupo   Fluide du groupe   Vloeistofcategorie		2
Benannte Stelle für Entwurf/Baumusterprüfung; Herstellung/Prüfung; Zertifizierung des Qualitätssystems Organismo notificado para diseño/examen de tipo; fabricación/control; certificación del Sistema de Calidad Notified body for design/type examination; manufacture/check-out; certification of Quality System Verwittigde instantie voor ontwerp/typekeur; fabricage/ eindcontrole; certificering van kwaliteitsborgingsysteem		Swiss TS und TÜV Industrie Service Technical Services y GmbH AG and Richtistrasse 15 en TÜV SÜD Gruppe CH-8304 Wallisellen Westendstrasse 199 D-80686 München
Kennzeichnung gem. Identificación según la Label according to Identificatie conform	PED/DEP 97/23/EC	CE 0036
Zertifikat-Nr. der EG-Baumusterprüfung (Modul B) Nº del certificado de examen "CE de tipo" (módulo B) Certificate no. of EC Type Approval (module B) Certificaat nummer van EC typekeur (module B)		FDB-MAN/00/12/6449123/03 - Ausdehnungsgefässe/Vasos de expansión/ Expansion vessels/Expansievaten FDB-MAN/00/07/6449123/01 - Längsnahtgeschweisste Gefässe/Vasos con soldadura longi- tudinal/Longitudinal weld vessels/Langснаадgelaste vaten FDB-MAN/00/07/6449123/02 - Tiefgezogene Gefässe/Vasos a embutición profunda/ Deep-drawn vessels/Diepgetrokken vaten FDB-MAN/02/05/6449123/07 - Zwischengefässe/Vasos intermedios/ Intermediary vessels/Tussenvaten DE 22 + DE 50
Zertifikat des Qualitätssicherungssystems (Modul D) Certificat du Système Assurance Qualité (module D) Certificado del Sistema de Asegur. de la Calidad (módulo D) Certificaat van kwaliteitsborgingsysteem (module D)		DGR-0036-QS-105-00

Der unterzeichnete Hersteller bescheinigt hiermit, dass Konstruktion, Herstellung und Prüfung dieses Behälters den Anforderungen der Druckgeräterichtlinie PED/DEP 97/23/EC in Verbindung mit der gewählten technischen Spezifikation entsprechen. Nicht genannte Ausrüstungsteile fallen unter Artikel 3, Absatz 3.

El fabricante abajo firmante declara que el diseño, la fabricación y el control de este vaso cumple con las exigencias de la Directiva Europea PED/DEP 97/23/EC para equipos a presión que corresponden a las especificaciones técnicas elegidas. Los componentes no descritos están incluidos en el Artículo 3, Parrafo 3.

The undersigned manufacturer declares herewith that design, production and check-out of this vessel are in conformity with the Pressure Equipment Directive PED/DEP 97/23/EC in connection with the chosen technical specification sheets. Parts of equipment not mentioned are subject to Article 3, Paragraph 3.

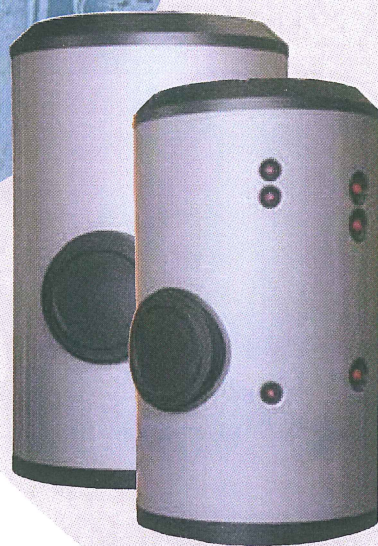
De ondertekenend fabrikant verklaart hiermee dat de constructie, fabricage en controle van dit vat conform zijn aan de drukvatenrichtlijn PED/DEP 97/23/EC in combinatie met de gekozen technische specificatie. Niet genoemde componenten vallen onder Artikel 3 Paragraaf 3.

Hersteller/Fabricante/Manufacturer/Fabrikant:  
Pneumatex AG  
Mühlerainstrasse 26  
CH-4414 Füllinsdorf

Edwin Jost  
Quality Manager / Director de calidad



## DEPÓSITOS PARA PRODUCCIÓN Y ACUMULACIÓN DE ACS



**de 1500 a 5000 litros**

### **MASTER VITRO e INOX**, acumulación

Depósitos acumuladores de gran capacidad, fabricados en ACERO VITRIFICADO s/DIN 4753 (serie "MVV") o en ACERO INOXIDABLE (serie "MXV").

Destinados a funciones de producción y acumulación de agua caliente sanitaria, para instalaciones de gran consumo individuales, comunitarias o industriales.

Con capacidades hasta los 5000 litros, todos los depósitos acumuladores de la serie "Master Vitro" y "Master Inox" van aislados con 80 mm. de espesor de espuma rígida de poliuretano de densidad optimizada y libre de CFC, inyectada en molde, lo que hace de esta serie que una de sus características más importantes sea precisamente su incomparable capacidad de acumulación.

La boca lateral DN 400, también incorpora su aislamiento térmico convenientemente adaptado.

Todos los modelos disponen de conexiones para la incorporación de resistencias eléctricas de calentamiento como sistema principal de producción de ACS, o como sistema de apoyo a una fuente energética externa.

Los depósitos "Master Vitro", se suministran de serie con equipo de protección catódica permanente "Lapasa correx-up", y como opción, equipo de protección catódica compuesto por ánodos de magnesio y medidor de carga de ánodo.

Bajo demanda, se suministra conjunto de forro acolchado color gris RAL 7042 y conjunto de acabado donde se incluyen cubierta, tapa y embellecedores de color negro.

#### **DEPÓSITOS ACUMULADORES DE GRAN CAPACIDAD "MASTER VITRO", serie MVV**

Depósitos acumuladores de gran capacidad (sin sistema intercambiador de serpentines para producción propia de ACS), destinados a funciones de acumulación de ACS procedente de sistemas externos de producción, p.e. intercambiadores de placas.

Fabricados en acero vitrificado s/DIN 4753.

Capacidades de 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 y 5000 litros.

Incorporan de serie equipo de protección catódica "Lapasa correx-up". Como opción, suministramos equipo de protección catódica, compuesto por ánodos de magnesio y medidor de carga.

Como opción, pueden incorporar resistencias eléctricas de inmersión en INCOLOY 825, como sistema de producción propia (ver tabla de potencias).

#### **DEPÓSITOS ACUMULADORES DE GRAN CAPACIDAD "MASTER INOX", serie MXV**

Depósitos acumuladores de gran capacidad (sin sistema intercambiador de serpentines para producción propia de ACS), destinados a funciones de acumulación de ACS procedente de sistemas externos de producción, p.e. intercambiadores de placas.

Fabricados en acero inoxidable AISI 316 L, decapado y pasivado químicamente.

Capacidades de 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 y 5000 litros.

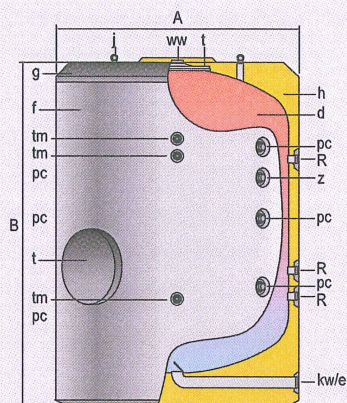
Como opción pueden incorporar equipo de protección catódica "Lapasa correx-up INOX", para casos de aguas especialmente agresivas o con contenidos en cloruros superiores a 150 mg/l.

Como opción, pueden incorporar resistencias eléctricas de inmersión en INCOLOY 825, como sistema de producción propia (ver tabla de potencias).

#### **Características técnicas**

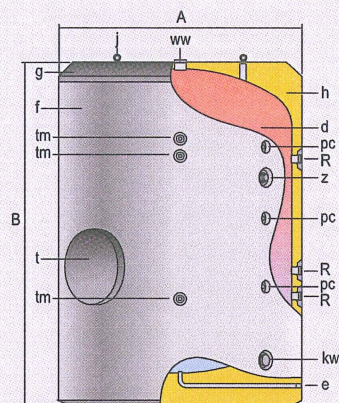
Temperatura máx. ACS	°C	90
Presión máx. depósito ACS	bar	8





**Mod. MVV-...-RB**

t- Boca de hombre DN 400  
d- Depósito acumulación ACS  
f- Forro externo



**Mod. MXV-...-RB**

g- Cubierta superior  
h- Aislamiento térmico  
j- Cáncamos para transporte

Características / Conexiones / Dimensiones		Ref. tamaño acumulador						
		1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Capacidad de ACS	litros	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Peso en vacío Mod. MVV (aprox.)	Kg.	390	450	630	690	755	880	1040
Peso en vacío Mod. MXV (aprox.)	Kg.	275	315	450	485	530	595	665
kw/e: Entrada agua fría/desagüe	"GAS/M	2 (2/ 1)*	2 (2/ 1)*	3 (3/ 1)*	3 (3/ 1)*	3 (3/ 1)*	3 (3/ 1)*	3 (3/ 1)*
ww: Salida de ACS	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
z: Recirculación	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
R: Conexión lateral	"GAS/M	2	2	2	2	2	2	2
tm: Conexión vaina sensores	"GAS	3/4M (1/2H)*	3/4M (1/2H)*	3/4M (1/2H)*	3/4M (1/2H)*	3/4M (1/2H)*	3/4M (1/2H)*	3/4M (1/2H)*
pc: Conexión ánodos protección catódica	"GAS	1-1/2M (3/4H)*	1-1/2M (3/4H)*	1-1/2M (3/4H)*	1-1/2M (3/4H)*	1-1/2M (3/4H)*	1-1/2M (3/4H)*	1-1/2M (3/4H)*
Diámetro exterior: A	mm.	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910
Altura total: B	mm.	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710
Boca de hombre	DN	400	400	400	400	400	400	400
Resistencia eléctrica (opcional)	KW (400V)	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9

(\*) Modelos en acero inoxidable, serie MXV



**NUEVO**

En instalaciones solares térmicas en las cuales no se sepa el consumo real o fluctúe el mismo a lo largo del año, puede existir un exceso de energía. Ejemplos: viviendas multifamiliares (período vacacional), hoteles de temporada, edificio de oficinas, y otros similares.

Con el Aerodisipador solar de Wolf se consigue realizar dicha eliminación de excedente de energía de una forma automática, fácil y limpia para el medio ambiente.

Existen dos tipos de Aerodisipadores: cobre-aluminio y acero galvanizado. El modelo estará en función de la temperatura de trabajo (120° C galvanizado, 90° C cobre) y el número de captadores. Consultar la tabla siguiente.

### ACERO

Modelo	Kpa	Nº de paneles	Potencia (kW)	Caudal (m³/h)	Referencia	Precio €
LH 100/3	49,86	100	120	9,00	85.43.013 S	2.818
LH 100/3	45,52	95	114	8,55	85.43.013 S	2.818
LH 100/3	41,35	90	108	8,10	85.43.013 S	2.818
LH 100/2	47,79	85	102	7,65	85.43.012 S	2.623
LH 100/2	42,93	80	96	7,20	85.43.012 S	2.623
LH 100/2	38,30	75	90	6,75	85.43.012 S	2.623
LH 100/2	33,90	70	84	6,30	85.43.012 S	2.623
LH 100/2	29,73	65	78	5,85	85.43.012 S	2.623
LH 100/2	25,81	60	72	5,40	85.43.012 S	2.623
LH 63/2	54,82	55	66	4,95	85.33.012 S	1.938
LH 63/2	40,80	50	60	4,50	85.33.012 S	1.938
LH 63/2	33,88	45	54	4,05	85.33.012 S	1.938
LH 63/2	21,75	40	42	3,15	85.33.012 S	1.938
LH 63/2	21,75	35	42	3,15	85.33.012 S	1.938
LH 63/2	16,57	30	36	2,70	85.33.012 S	1.938
LH 40/2	27,25	25	30	2,25	85.23.012 S	1.465
LH 40/2	18,38	20	24	1,80	85.23.012 S	1.465
LH 25/2	22,33	15	18	1,35	85.13.012 S	1.266
LH 25/2	10,96	10	12	0,90	85.13.012 S	1.266

### COBRE/ALUMINIO

Modelo	Kpa	Nº de paneles	Potencia (kW)	Caudal (m³/h)	Referencia	Precio €
—	—	100	—	—	—	—
—	—	95	—	—	—	—
—	—	90	—	—	—	—
—	—	85	—	—	—	—
—	—	80	—	—	—	—
LH 100/4	32,18	75	89	6,75	85.43.004 S	2.363
LH 100/4	28,48	70	84	6,30	85.43.004 S	2.363
LH 100/4	24,97	65	78	5,85	85.43.004 S	2.363
LH 100/3	21,05	60	72	5,40	85.43.003 S	2.310
LH 100/3	18,04	55	66	4,95	85.43.003 S	2.310
LH 100/3	15,24	50	60	4,50	85.43.003 S	2.310
LH 100/2	16,25	45	54	4,05	85.43.002 S	2.143
LH 100/2	13,20	40	48	3,60	85.43.002 S	2.143
LH 63/3	25,92	35	41	3,15	85.33.003 S	1.832
LH 63/3	19,76	30	36	2,70	85.33.003 S	1.832
LH 63/3	14,33	25	30	2,25	85.33.003 S	1.832
LH 40/3	18,80	20	24	1,80	85.23.002 S	1.408
LH 40/3	11,32	15	18	1,35	85.23.002 S	1.408
LH 25/3	13,07	10	12	0,90	85.13.003 S	1.213

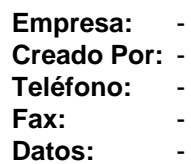
**NOTA:** Suplemento monofásico 163 €. No existe la opción en el LH 100





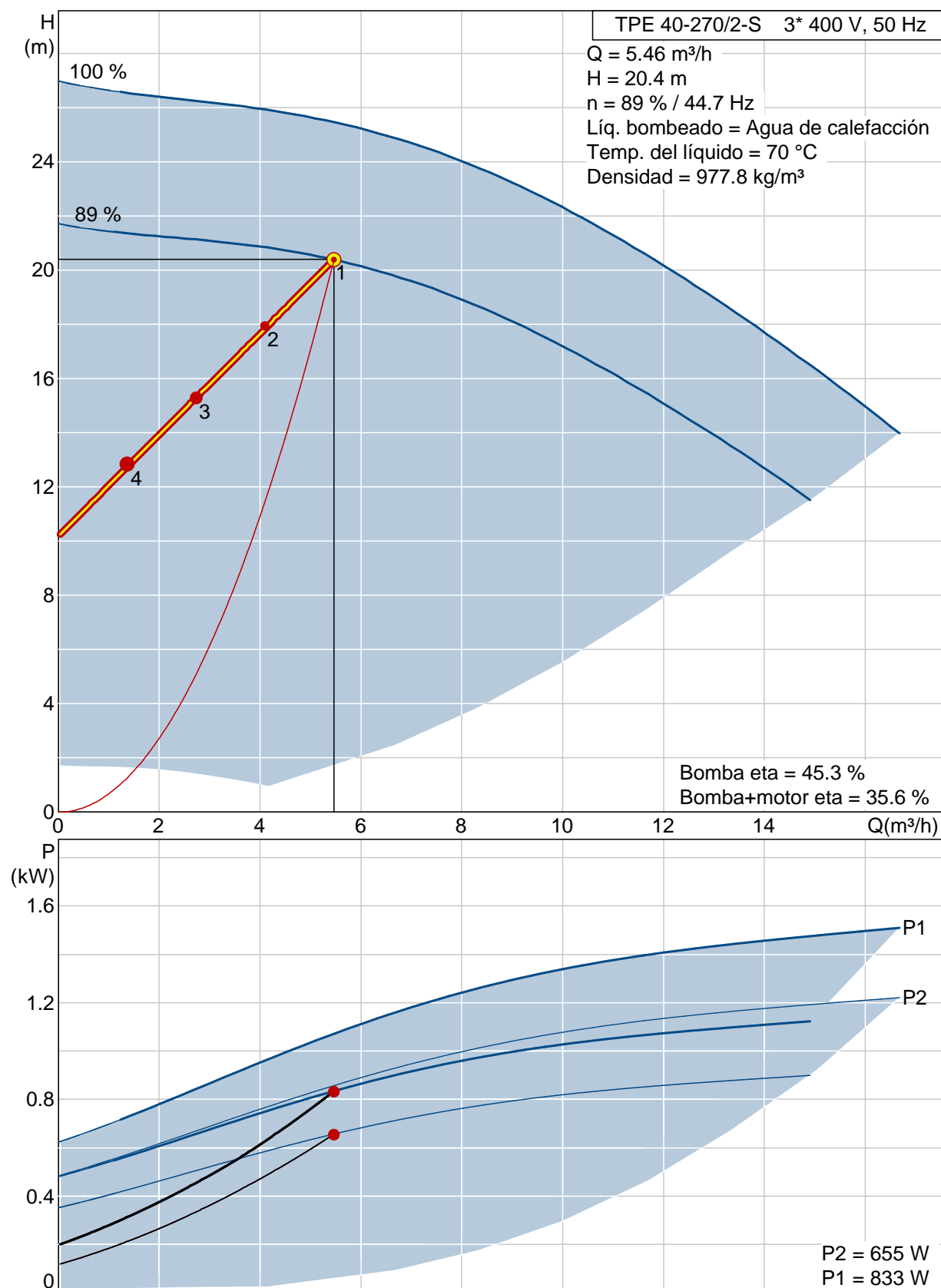
Posición	Contar	Descripción	Precio unit
	1	<p><b>TPE 40-270/2-S A-F-A BUBE</b></p>  <p><b>Advierta! la foto puede diferir del actual producto</b></p> <p>Código: 96275451            Bomba sencilla monocelular, centrífuga, en línea.</p> <p>El diseño en línea con bocas de aspiración descarga opuestas permite su montaje en tuberías o en una cimentación de hormigón.</p> <p>El cierre es un cierre mecánico resistente la corrosión y libre de mantenimiento.</p> <p>La bomba lleva un motor MGE trifásico con bridas IEC y convertidor de frecuencia y controlador PI integrados en la caja de conexiones del motor. No es necesaria protección adicional del motor ya que tanto el motor como los componentes electrónicos están protegidos mediante protección incorporada contra sobrecarga y temperatura.</p> <p>Se puede conectar un sensor externo si se requiere un funcionamiento controlado de la bomba basado por ejemplo en el caudal, presión diferencial o temperatura.</p> <p>Un panel de control permite fijar el punto de ajuste necesario así como ajustar la bomba funcionamiento MIN o MAX o PARADA. El panel de control tiene luces testigo para "Funcionamiento" y "Fallo".</p> <p>La comunicación con la bomba es posible mediante el Control Remoto Grundfos R100 que permite ajustes adicionales así como la lectura de un número de parámetros como por ejemplo "Valor actual", "Velocidad", "Potencia" y "Consumo de energía" total.</p> <p>La caja de conexiones tiene terminales para la conexión de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arranque/parada de la bomba (contacto de libre potencial),</li> <li>- regulación remota externa del punto de ajuste mediante señal analógica, 0 - 5 V,</li> </ul>	Bajo pedido

Posición	Contar	Descripción	Precio unit
		<p>0 - 10 V, 0(4) - 20 mA,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tensión de alimentación 5 V para potenciómetro del punto de ajuste, I<sub>max</sub> = 5 mA,</li> <li>- sensor, 0 - 5 V, 0 - 10 V, 0(4) - 20 mA,</li> <li>- tensión de alimentación 24 V para sensor, I<sub>max</sub> = 25 mA,</li> <li>- entrada para control forzado a MIN o MAX (contacto de libre potencial)</li> <li>- relé de señal de fallo de libre potencial con contacto de conmutación.</li> <li>- RS485 GENibus.</li> </ul> <p><b>Líquido:</b></p> <p>Líquido bombeado: Agua de calefacción</p> <p>Rango de temperatura del líquido: 0 .. 140 °C</p> <p>Temp. líquido: 70 °C</p> <p>Densidad: 1000 kg/m³</p> <p><b>Técnico:</b></p> <p>Velocidad para datos de bomba: 2860 rpm</p> <p>Caudal real calculado: 5.46 m³/h</p> <p>Altura resultante de la bomba: 20.4 m</p> <p>Cierre: BUBE</p> <p>Tolerancia de curva: ISO 9906 Annex A</p> <p><b>Materiales:</b></p> <p>Cuerpo hidráulico: Fundición</p> <p>EN-JL1040</p> <p>ASTM A48-40 B</p> <p>Impulsor: Acero inoxidable</p> <p>DIN W.-Nr. 1.4301</p> <p>AISI 304</p> <p><b>Instalación:</b></p> <p>Temperatura ambiental máxima: 40 °C</p> <p>Presión del sistema: 16 bar</p> <p>Presión de trabajo máxima: 16 bar</p> <p>Presión mín. de entrada: -0.1 bar</p> <p>Tipo de brida: DIN</p> <p>Diámetro de conexiones: DN 40</p> <p>Presión: PN 16</p> <p>Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 320 mm</p> <p>Tamaño de la brida del motor: FT115</p> <p><b>Datos eléctricos:</b></p> <p>Tipo de motor: 90SB</p> <p>Número de polos: 2</p> <p>Potencia nominal - P2: 1.5 kW</p> <p>Frecuencia de alimentación: 50 Hz</p> <p>Tensión nominal: 3 x 380-480 V</p> <p>Corriente nominal: 3,30-2,70 A</p> <p>Cos phi - Factor de potencia: 0,91-0,87</p> <p>Velocidad nominal: 360-3510 rpm</p> <p>Grado de protección (IEC 34-5): 55</p> <p>Clase de aislamiento (IEC 85): F</p> <p><b>Otros:</b></p>	

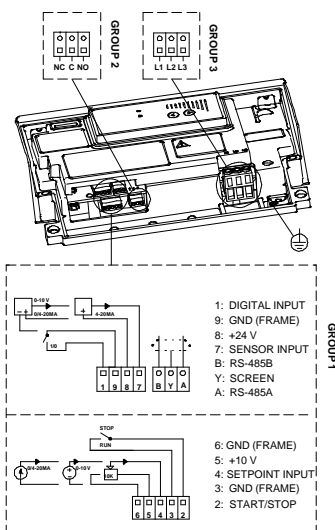
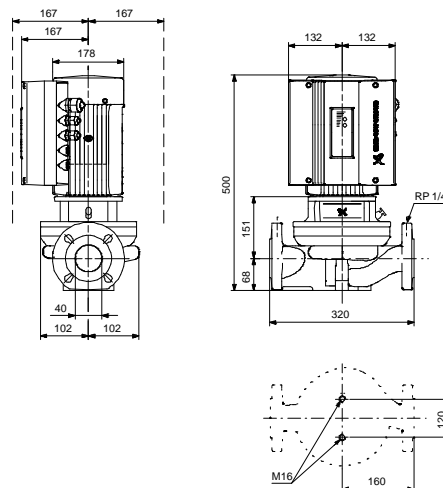
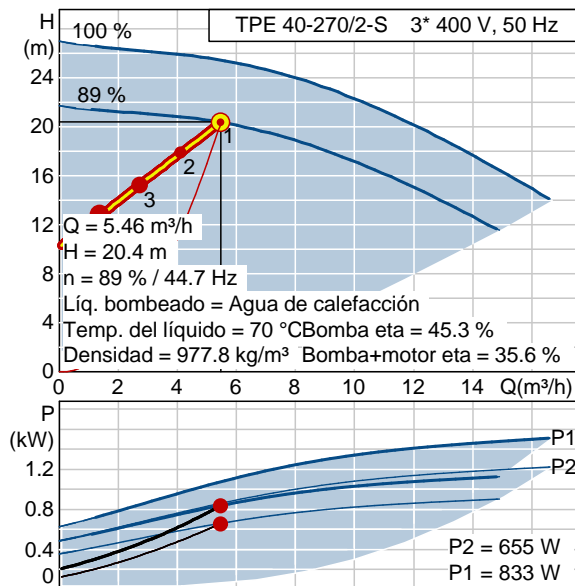


*Impresión del WinCAPS Grundfos*

## 96275451 TPE 40-270/2-S 50 Hz

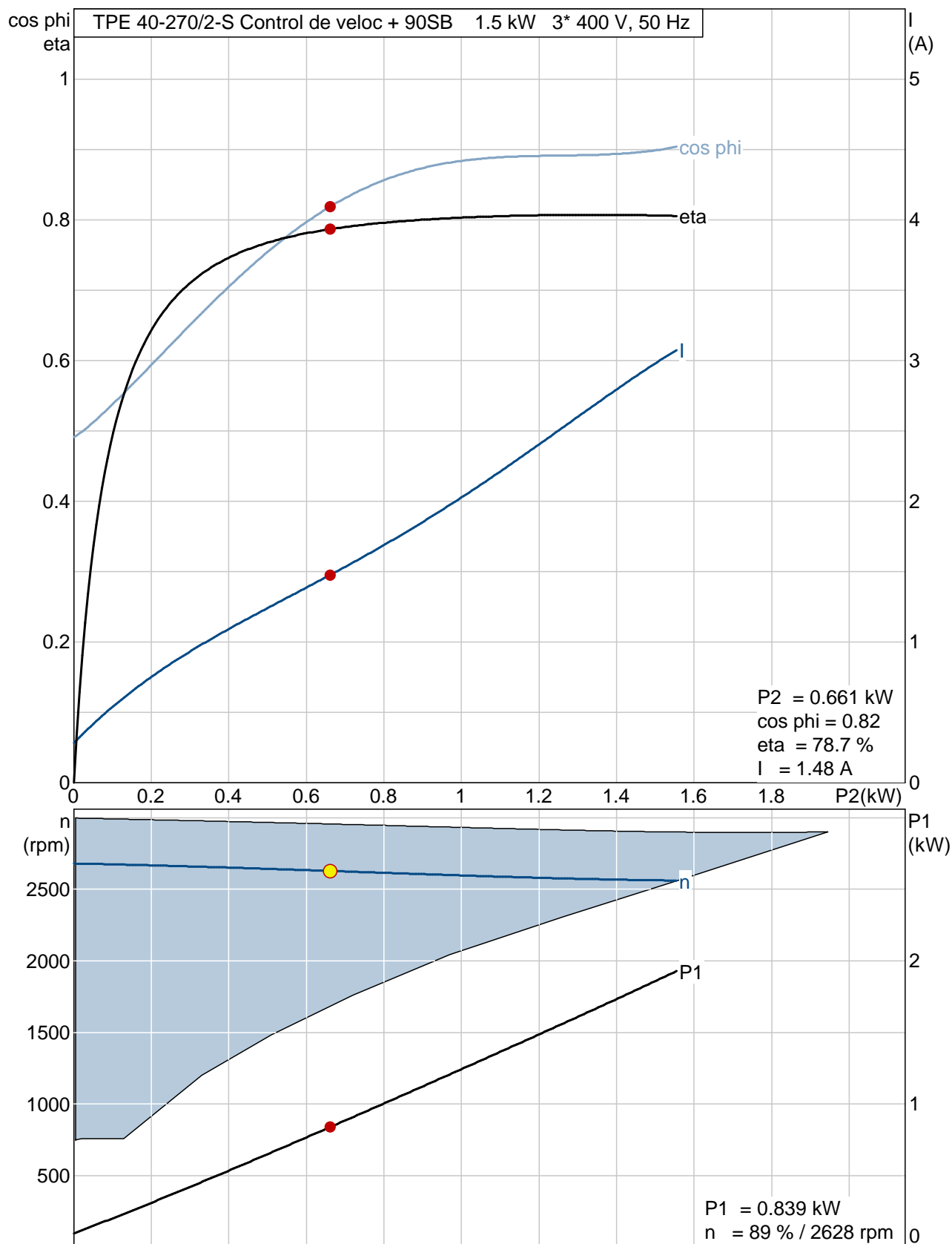


Descripción	Valor
Producto::	TPE 40-270/2-S A-F-A BUBE
Código::	96275451
Número EAN::	5700830062524
Técnico:	
Velocidad para datos de bomba:	2860 rpm
Caudal real calculado:	5.46 m³/h
Altura resultante de la bomba:	20.4 m
Altura máxima:	270 dm
Cierre:	BUBE
Tolerancia de curva:	ISO 9906 Annex A
Bomba N°:	96463814
Versión de la bomba:	A
Modelo:	A
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Fundición EN-JL1040
Impulsor:	ASTM A48-40 B Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301
Código de material:	AISI 304
Instalación:	
Temperatura ambiental máxima:	40 °C
Presión del sistema:	16 bar
Presión de trabajo máxima:	16 bar
Presión mín. de entrada:	-0.1 bar
Tipo de brida:	DIN
Código de conexión:	F
Diámetro de conexión:	DN 40
Presión:	PN 16
Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:	320 mm
Tamaño de la brida del motor:	FT115
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua de calefacción
Rango de temperatura del líquido:	0 .. 140 °C
Temp. líquido:	70 °C
Densidad:	1000 kg/m³
Datos eléctricos:	
Tipo de motor:	90SB
Número de polos:	2
Potencia nominal - P2:	1.5 kW
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 380-480 V
Corriente nominal:	3,30-2,70 A
Cos phi - Factor de potencia:	0,91-0,87
Velocidad nominal:	360-3510 rpm
Grado de protección (IEC 34-5):	55
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección del motor:	Ninguno
Motor N°:	85775806
Otros:	
Peso neto:	36.7 kg
Peso bruto:	40.1 kg
Volumen:	0.091 m³
Programa N°:	96280123

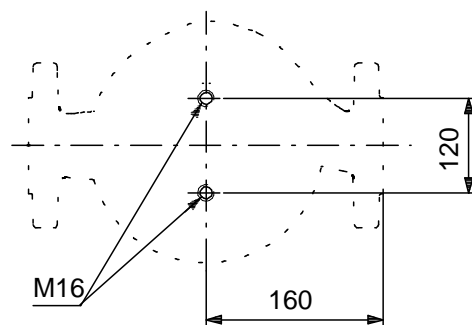
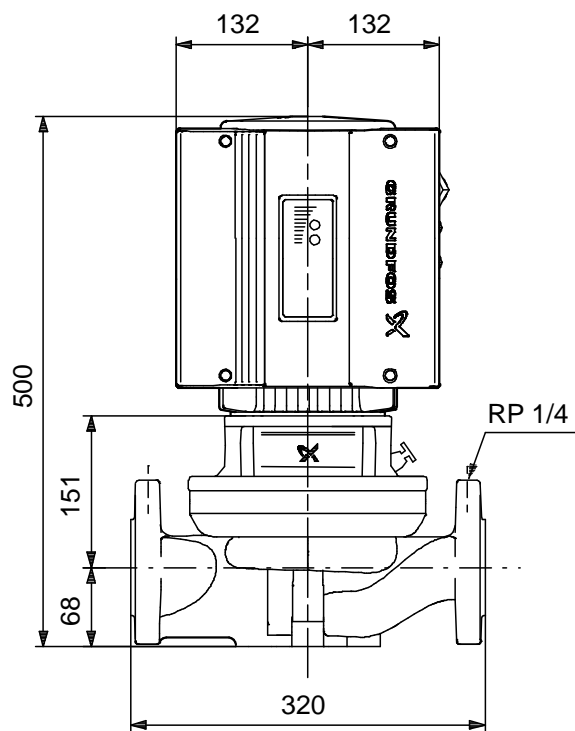
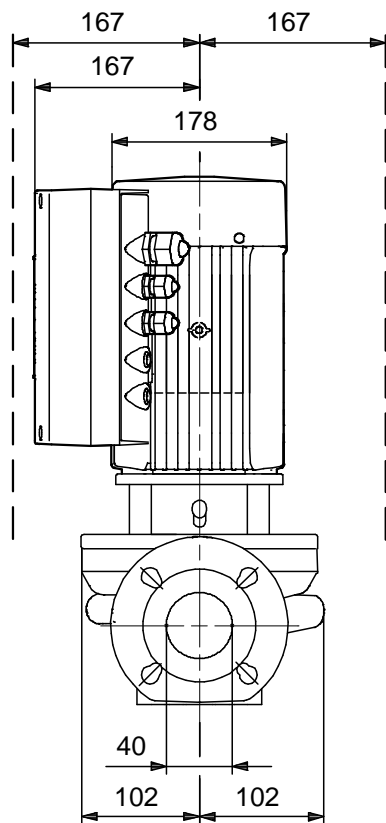




## 96275451 TPE 40-270/2-S 50 Hz

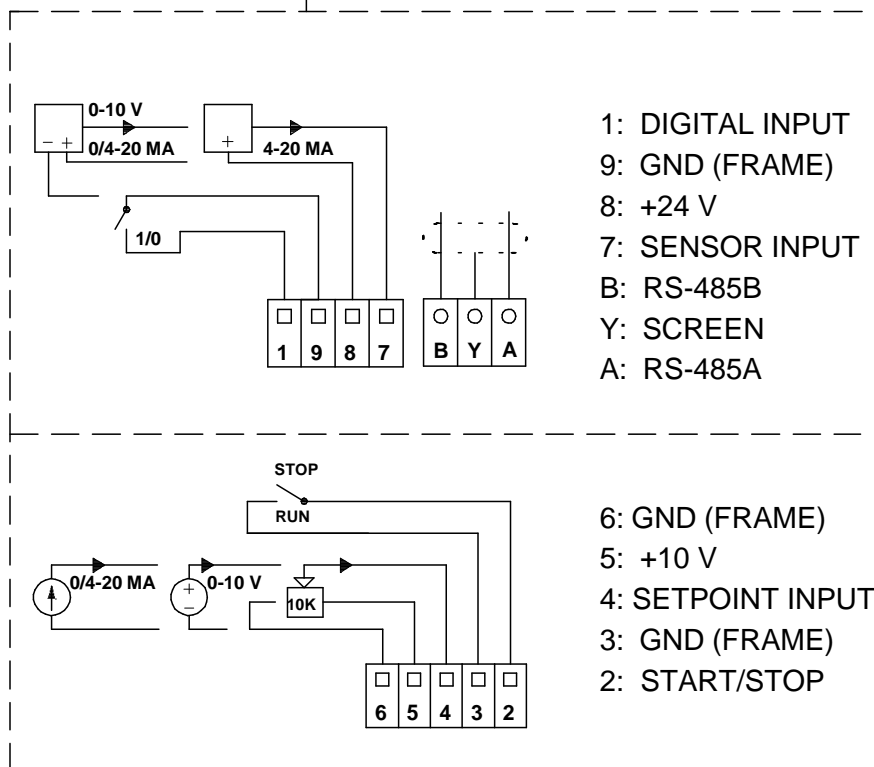
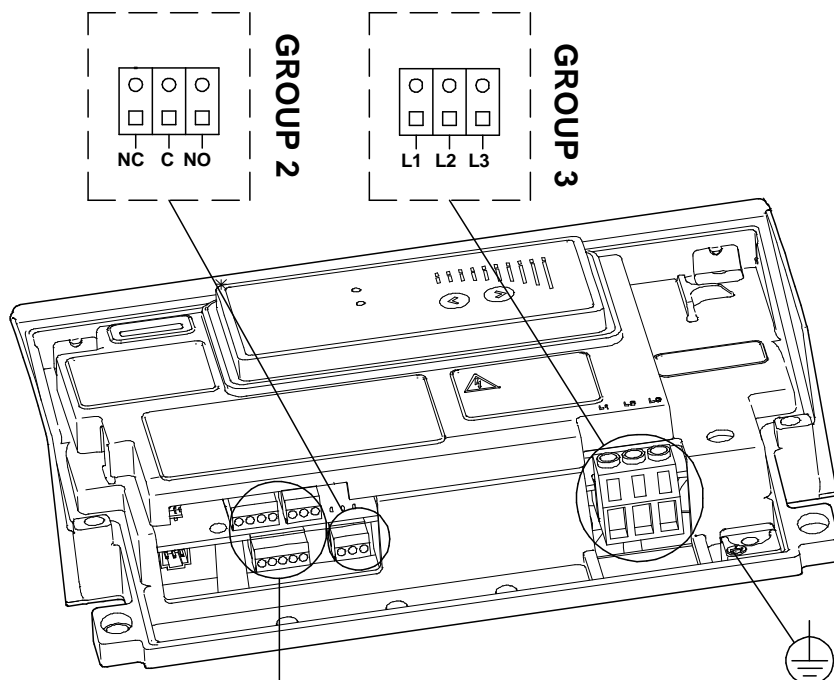


**96275451 TPE 40-270/2-S 50 Hz**



Nota: Todas las unidades están en [mm] a menos que se establezcan otras.

## 96275451 TPE 40-270/2-S 50 Hz



¡Nota! Uds en [mm] a menos que otras estén expresadas

## 96275451 TPE 40-270/2-S 50 Hz

### Entrada

#### Seleccione Aplicación

Modo descrip. Calefacción  
 No

#### Seleccione Area Aplicación

Edificios  
 comerciales

#### Seleccione el tipo de instalación

Bomba circuladora  
 principal

#### Sus requisitos

Altura (H) 20.39 m  
 Caudal (Q) 5.46 m³/h  
 Presión de entrada mínima 1.5 bar  
 Presión máxima de trabajo 10 bar  
 Temperatura del líquido en trabajo 70 °C  
 Temperatura máxima del líquido 95 °C

#### Modo de control

Disminuye a bajo caudal 50 %  
 Frecuencia máxima 105 %  
 Grado de protección IP20

#### Edite el Perfil de Carga

Consumo Q1 5.46 m³/h  
 Consumo Q2 4.1 m³/h  
 Consumo Q3 2.73 m³/h  
 Consumo Q4 1.37 m³/h  
 Funcionamiento nocturno No  
 Perfil de consumo Explotación estándar  
 Temporada de calefacción 285 días  
 Tiempo T1 410 h/a  
 Tiempo T2 1026 h/a  
 Tiempo T3 2394 h/a  
 Tiempo T4 3010 h/a

#### Configuración

Sencilla

#### Diseño de la bomba

Asp. axial acoplamiento largo Sí  
 Asp. axial acoplamiento cerrado Sí  
 Bomba de bancada horizontal Sí  
 Mnoncelular en línea Sí  
 Multicelular en línea Sí  
 Multicelular horizontal Sí  
 Rotor encapsulado en línea Sí

#### Condiciones de funcionamiento

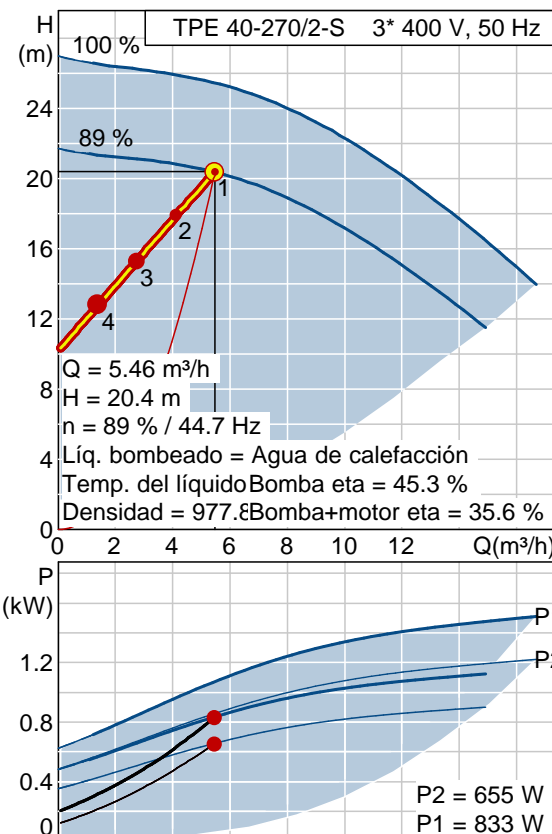
Fase 1 or 3  
 Frecuencia 50 Hz  
 Límite min. de potencia para arranque est./triang. 5.5 kW  
 Temperatura ambiente 20 °C  
 tension 1 x 230 o 3 x 400 V

#### Ajustes de la lista de selección

Criterio de evaluación Precio+costes de energía  
 Incremento del precio de la energía 6 %

### Resultado de la selección

Tipo TPE 40-270/2-S  
 Cantidad 1  
 Abast. 380-480 V  
 Motor 1.5 kW  
 Caud 5.46 m³/h ( max. +11 %)  
 Alt. 20.4 m ( max. +24 %)  
 Veloc. máx. 1.21 m/s  
 Entrad presión mín -0.1 bar ( 95 °C, contra la atmosfera)  
 Pot. P1 0.833 kW  
 Pot. P2 0.661 kW  
 BombaEta 44.9 %  
 Motor Eta 79.3 %  
 Bomb+motor Eta 35.6 % =Bomba Eta \*motor Eta  
 Total Eta 35.6 % =Eta relativa punto de trabajo  
 Consumo energía 3127 kWh/Año  
 Emisión CO2 1780 kg/Año  
 Prec. Bajo pedido €  
 Cte energía 419 €/Año  
 Precio+Costes energ. Bajo pedido €/15Años




Número max. por grupo de productos 2  
Número máximo de resultados 8  
Periodo de cálculo 15 años  
Precio de energía 0.134 €/kWh

**Perfil func.**

	1	2	3	4	
Caud	100	75	50	25	%
Alt.	100	88	75	63	%
P1	0.832	0.629	0.465	0.342	kW
Time	410	1026	2394	3010	h/Año
Consumo energía	341	645	1113	1028	kWh/Año

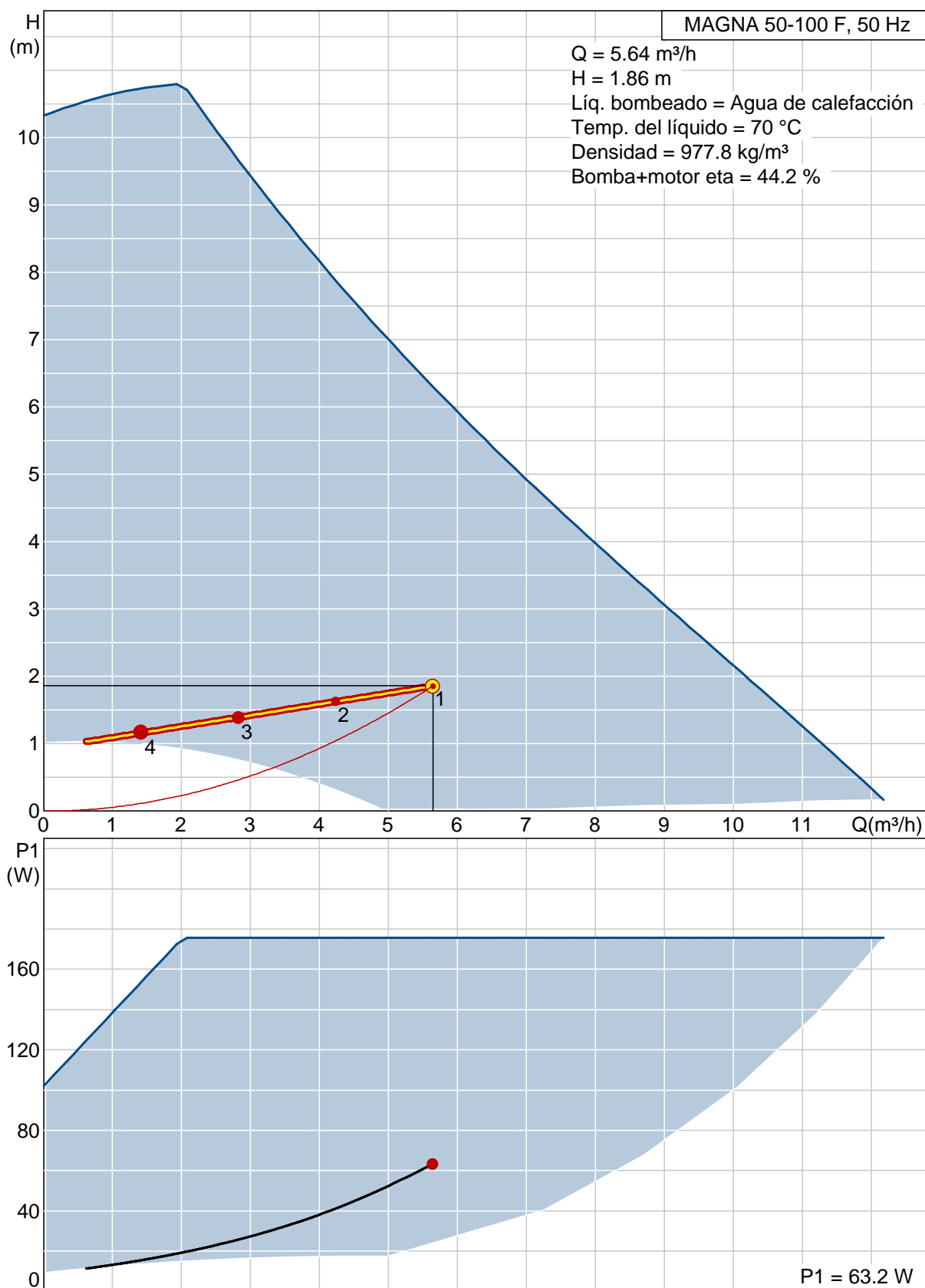


Posición	Contar	Descripción	Precio unit
	1	<p><b>MAGNA 50-100 F</b></p>  <p>Advierta! la foto puede diferir del actual producto</p> <p>Código: 96281020</p> <p>La bomba es de tipo rotor encapsulado, es decir que la bomba y el motor constituyen una unidad integral sin cierre mecánico y con solamente dos juntas como cierre.</p> <p>El líquido bombeado lubrica los cojinetes.</p> <p>Para evitar problemas de reciclaje, se ha intentado utilizar la menor variedad de materiales posible.</p> <p>Una bomba sin requisitos de mantenimiento y con un Coste de Ciclo Vital extremadamente bajo.</p> <p><b>Características de la bomba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Motor conmutado electrónicamente (ECM) con rotor de imán permanente</li> <li>* Controles de la bomba integrados</li> <li>* Cojinetes radiales de cerámica</li> <li>* Cojinete axial de carbón</li> <li>* Rotor encapsulado, disco de presión encamisado del rotor de acero inoxidable.</li> <li>* Carcasa del estator de aleación de aluminio</li> <li>* Cuerpo de la bomba Fundición</li> <li>* Protección contra sobrecarga</li> </ul> <p>La bomba es monofásica.</p> <p>El motor no necesita protección externa.</p> <p>La Grundfos MAGNA - incluida en las bombas Serie 2000 - se caracteriza por el control automático de la presión diferencial gracias a la adaptación del rendimiento de la bomba a los requisitos de calor del momento sin necesidad de conectar ningún componente externo.</p> <p>4 modos de control están disponibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* AUTOADAPT (auto-regulación desde "una curva de presión proporcional a otra") para optimizar el confort y reducir el consumo energético al mínimo.</li> <li>* Presión proporcional</li> <li>* Presión constante</li> <li>* Curva constante (dispo. solamente a través de</li> </ul>	Bajo pedido

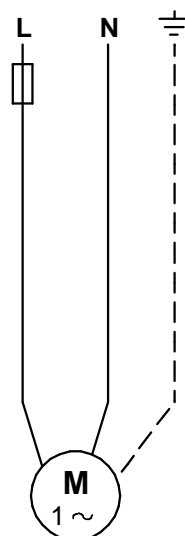
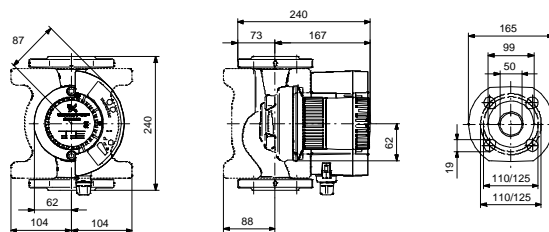
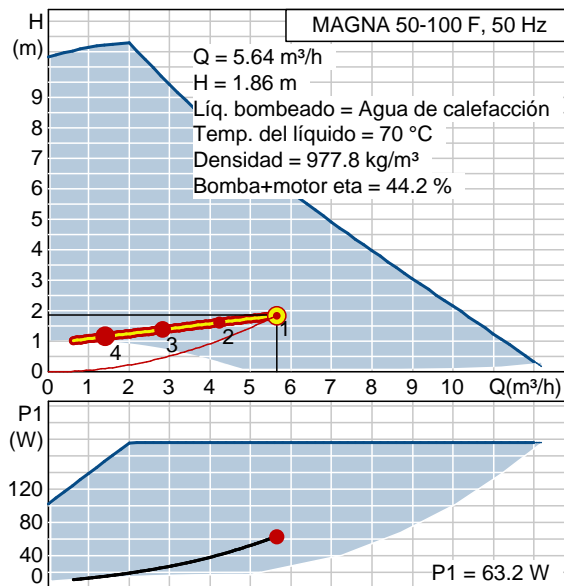
Posición	Contar	Descripción	Precio unit
		<p>comunicación externa)</p> <p><b>La bomba puede comunicar a través de:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Módulo relé integrado opcional (señal arranque/parada, alarma/señal de realimentación)</li> <li>* Módulo GENIbus integrado opcional (señal arranque/parada, alarma/señal de realimentación, conexión analógica 0-10 V, control de bombas dobles y control forzado externo a través de conexiones para curva máx. y curva mín.)</li> <li>* Control remoto R100 (producto Grundfos a parte)</li> </ul> <p><b>Líquido:</b></p> <p>Líquido bombeado: Agua de calefacción</p> <p>Rango de temperatura del líquido: 2 .. 95 °C</p> <p>Temp. líquido: 70 °C</p> <p>Densidad: 977.8 kg/m³</p> <p><b>Técnico:</b></p> <p>Caudal real calculado: 5.64 m³/h</p> <p>Altura resultante de la bomba: 1.86 m</p> <p>Clase TF: 110</p> <p>Homologaciones en placa: CE,TSE,PCT</p> <p><b>Materiales:</b></p> <p>Cuerpo hidráulico: Fundición EN-JL1040 ASTM 35 B - 40 B</p> <p>Impulsor: Compuesto, PES DIN W.-Nr. 1.4301</p> <p><b>Instalación:</b></p> <p>Rango de temperaturas ambientes: 0 .. 40 °C</p> <p>Presión del sistema: 10 bar</p> <p>Presión de trabajo máxima: 10 bar</p> <p>Presión mín. de entrada: 0.424 bar</p> <p>Tipo de brida: DIN</p> <p>Diámetro de conexiones: DN 50</p> <p>Presión: PN 6 / PN 10</p> <p>Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 240 mm</p> <p><b>Datos eléctricos:</b></p> <p>Potencia - P1: 10 .. 180 W</p> <p>Frecuencia de alimentación: 50 Hz</p> <p>Tensión nominal: 1 x 230-240 V</p> <p>Corriente nominal: 0.1 A</p> <p>Grado de protección (IEC 34-5): 44</p> <p>Clase de aislamiento (IEC 85): F</p> <p><b>Otros:</b></p> <p>Peso neto: 8.66 kg</p> <p>Peso bruto: 9.93 kg</p> <p>Clasificación energética: A</p>	



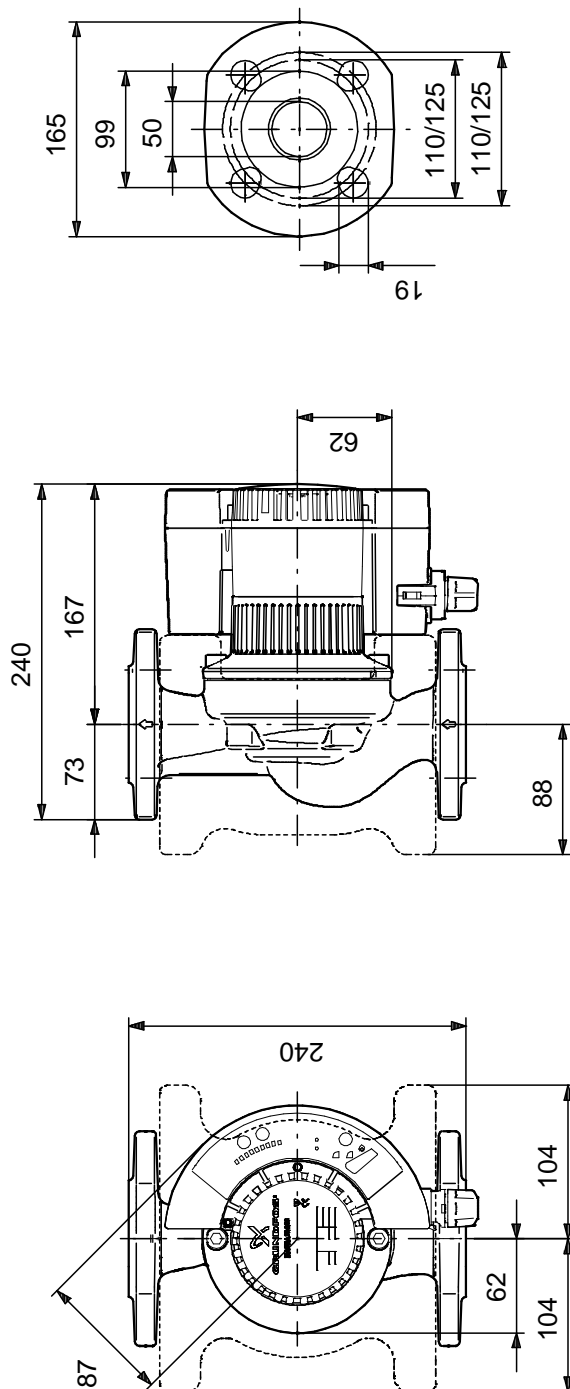
## 96281020 MAGNA 50-100 F 50 Hz



Descripción	Valor
Producto::	MAGNA 50-100 F
Código::	96281020
Número EAN::	5700830268438
Técnico:	
Caudal real calculado:	5.64 m³/h
Altura resultante de la bomba:	1.86 m
Altura máxima:	100 dm
Clase TF:	110
Homologaciones en placa:	CE, TSE, PCT
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Fundición EN-JL1040
	ASTM 35 B - 40 B
Impulsor:	Compuesto, PES DIN W.-Nr. 1.4301
Instalación:	
Rango de temperaturas ambientes:	0 .. 40 °C
Presión del sistema:	10 bar
Presión de trabajo máxima:	10 bar
Presión mín. de entrada:	0.424 bar
Tipo de brida:	DIN
Diámetro de conexiones:	DN 50
Presión:	PN 6 / PN 10
Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:	240 mm
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua de calefacción
Rango de temperatura del líquido:	2 .. 95 °C
Temp. líquido:	70 °C
Densidad:	977.8 kg/m³
Datos eléctricos:	
Potencia - P1:	10 .. 180 W
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	1 x 230-240 V
Corriente nominal:	0.1 A
I MAX.:	1.25 A
Grado de protección (IEC 34-5):	44
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Paneles control:	
Posición caja de terminales:	3H
Otros:	
Peso neto:	8.66 kg
Peso bruto:	9.93 kg
Clasificación energética:	A



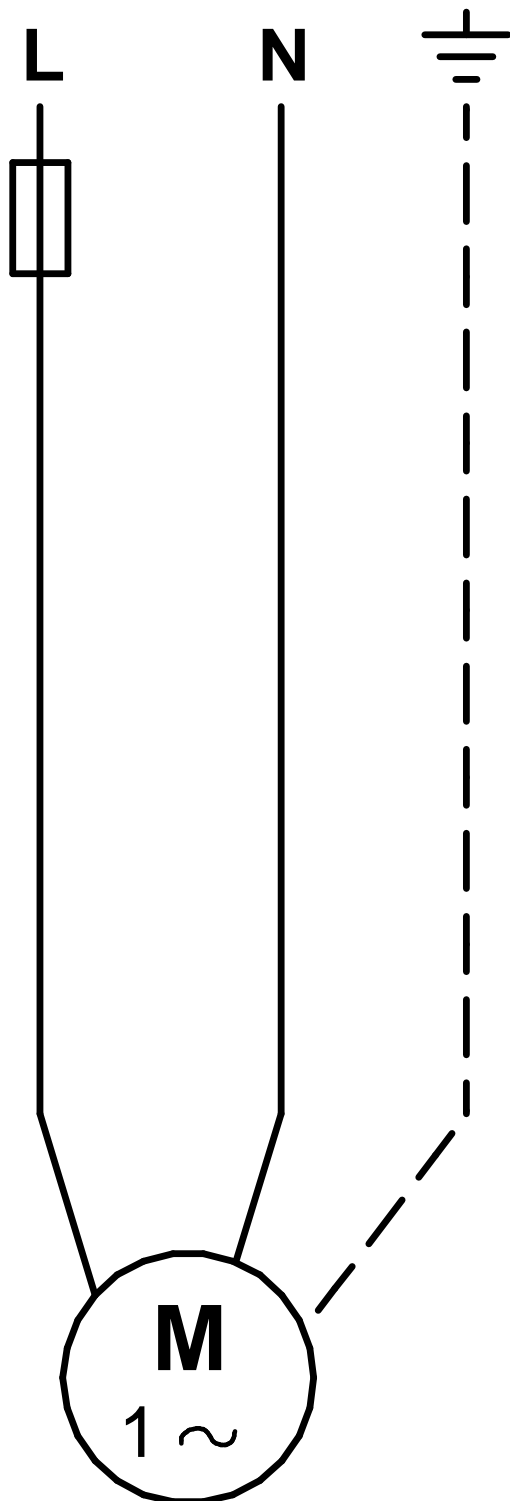
**96281020 MAGNA 50-100 F 50 Hz**



Nota: Todas las unidades están en [mm] a menos que se establezcan otras.



96281020 MAGNA 50-100 F 50 Hz



¡Nota! Uds en [mm] a menos que otras estén expresadas

## 96281020 MAGNA 50-100 F 50 Hz

### Entrada

#### Seleccione Aplicación

Modo descrip. Calefacción  
 No

#### Seleccione Area Aplicación

Edificios  
 comerciales

#### Seleccione el tipo de instalación

Bomba circuladora  
 principal

#### Sus requisitos

Altura (H) 1.86 m  
 Caudal (Q) 5.64 m³/h  
 Presión de entrada mínima 1.5 bar  
 Presión máxima de trabajo 10 bar  
 Temperatura del líquido en trabajo 70 °C  
 Temperatura máxima del líquido 95 °C

#### Modo de control

Disminuye a bajo caudal 50 %  
 Frecuencia máxima 105 %  
 Grado de protección IP20

#### Edite el Perfil de Carga

Consumo Q1 5.64 m³/h  
 Consumo Q2 4.23 m³/h  
 Consumo Q3 2.82 m³/h  
 Consumo Q4 1.41 m³/h  
 Funcionamiento nocturno No  
 Perfil de consumo Explotación estándar  
 Temporada de calefacción 285 días  
 Tiempo T1 410 h/a  
 Tiempo T2 1026 h/a  
 Tiempo T3 2394 h/a  
 Tiempo T4 3010 h/a

#### Configuración

Sencilla

#### Diseño de la bomba

Asp. axial acoplamiento largo Sí  
 Asp. axial acoplamiento cerrado Sí  
 Bomba de bancada horizontal Sí  
 Mnoncelular en línea Sí  
 Multicelular en línea Sí  
 Multicelular horizontal Sí  
 Rotor encapsulado en línea Sí

#### Condiciones de funcionamiento

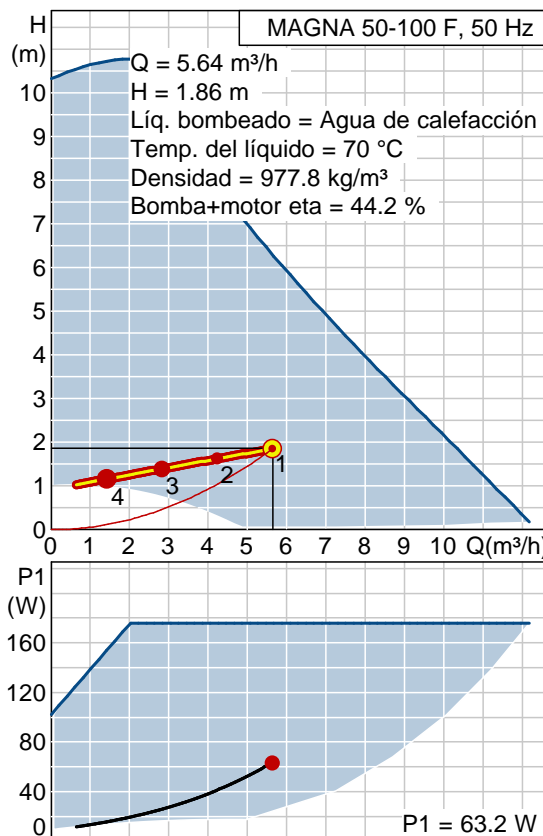
Fase 1 or 3  
 Frecuencia 50 Hz  
 Límite min. de potencia para arranque est./triang. 5.5 kW  
 Temperatura ambiente 20 °C  
 tension 1 x 230 o 3 x 400 V

#### Ajustes de la lista de selección

Criterio de evaluación Precio+costes de energía  
 Incremento del precio de la energía 6 %

### Resultado de la selección

Tipo MAGNA 50-100 F  
 Cantidad 1  
 Abast. 230-240 V  
 Motor 0.18 kW  
 Caud 5.64 m³/h ( max. +44 %)  
 Alt. 1.86 m ( max. +108 %)  
 Veloc. máx. 0.8 m/s  
 Entrad presión mín 0.424 bar ( 95 °C, contra la atmosfera)  
 Pot. P1 0.063 kW  
 Pot. P2 0.032 kW  
 BombaEta 88.3 %  
 Motor Eta 50.0 %  
 Bomb+motor Eta 44.2 % =Bomba Eta \*motor Eta  
 Total Eta 44.2 % =Eta relativa punto de trabajo  
 Consumo energía 171 kWh/Año  
 Emisión CO2 98 kg/Año  
 Prec. Bajo pedido €  
 Cte energía 23 €/Año  
 Precio+Costes energ. Bajo pedido €/15Años



Número max. por grupo de productos 2  
Número máximo de resultados 8  
Periodo de cálculo 15 años  
Precio de energía 0.134 €/kWh

**Perfil func.**

	1	2	3	4	
Caud	100	75	50	25	%
Alt.	100	88	75	63	%
P1	0.063	0.041	0.024	0.015	kW
Time	410	1026	2394	3010	h/Año
Consumo energía	26	42	58	46	kWh/Año

## Datos técnicos

Nº de pedido y precios: ver Lista de precios



### **VITOPLEX 200**    Modelo SX2

Caldera de baja temperatura a gasóleo/gas

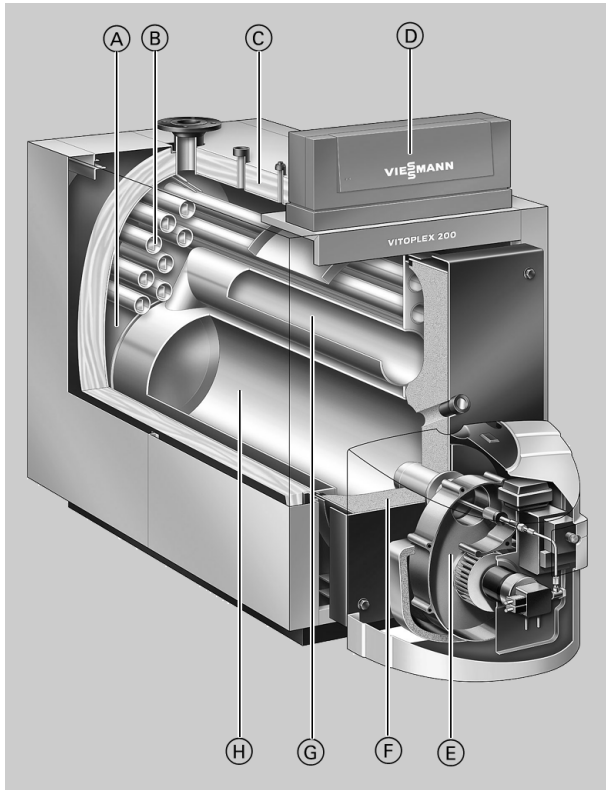
Caldera de tres pasos de humos

Para el funcionamiento con descenso progresivo de la temperatura de caldera.



## Resumen de las ventajas

- Económica y poco contaminante debido al descenso progresivo de la temperatura de caldera. Rendimiento estacional para funcionamiento con gasóleo: 88 % ( $H_s$ )/94 % ( $H_i$ ). Aumento del rendimiento estacional mediante la utilización de la condensación con Vitotrans 300.
- Caldera de tres pasos de humos con baja carga de la cámara de combustión, con lo que se logra una combustión poco contaminante y un bajo nivel de emisiones de óxidos de nitrógeno.
- No se requiere un caudal volumétrico mínimo del agua de calefacción; excelente efecto termosifón incluso sin bomba de recirculación de caldera.



- Conexión integrada de arranque de la Therm-Control para una sencilla integración hidráulica (se puede prescindir tanto de la bomba de anticongeladores como del dispositivo para la elevación de la temperatura de retorno).
- Hasta 300 kW no se precisa detector de nivel de agua.
- Fácil transporte a los cuartos de caldera. Gracias a su forma compacta, ocupa poco espacio (factor importante a la hora de efectuar reformas).
- Quemador presurizado a gasóleo/gas Unit Vitoflame de 100 a 270 kW disponible.
- Sistema de montaje Fastfix para la regulación y el aislamiento térmico.

- Ⓐ Amplias cámaras de agua y gran volumen de agua para un excelente efecto termosifón y una sencilla integración hidráulica
- Ⓑ Tercer paso de humos
- Ⓒ Aislamiento térmico de alta eficacia de 100 mm de grosor
- Ⓓ Vitotronic, la nueva generación de regulaciones: inteligente, de montaje, manejo y mantenimiento sencillos
- Ⓔ Quemador Unit de Viessmann Vitoflame 100
- Ⓕ Aislamiento térmico
- Ⓖ Segundo paso de humos
- Ⓗ Cámara de combustión

## Datos técnicos

### Datos técnicos

<b>Potencia térmica útil</b>	<b>kW</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>270</b>	<b>350</b>	<b>440</b>	<b>560</b>
<b>Carga térmica nominal</b>	<b>kW</b>	<b>98</b>	<b>130</b>	<b>163</b>	<b>217</b>	<b>293</b>	<b>380</b>	<b>478</b>	<b>609</b>
<b>Nº de distintivo de homologación</b> - Conforme a la Directiva sobre Rendimiento - Conforme a la Directiva de Aparatos a Gas		CE-0085 BQ 0020 CE-0085						—	—
<b>Temp. adm. de impulsión</b> (= temperatura de seguridad)	<b>°C</b>	110							
<b>Presión adm. de servicio</b>	<b>bar</b>	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>Pérdida de carga en pasos de humos (sobrepresión)</b>	<b>Pa</b> <b>mbar</b>	60 0,6	80 0,8	100 1,0	200 2,0	180 1,8	310 3,1	280 2,8	400 4,0
<b>Dimensiones del cuerpo de la caldera</b>									
Longitud (medida q)*1	mm	1195	1400	1385	1580	1600	1800	1825	1970
Anchura (medida d)	mm	575	575	650	650	730	730	865	865
Altura (con conexiones) (medida t)	mm	1145	1145	1180	1180	1285	1285	1455	1455
<b>Dimensiones totales</b>									
Longitud total (medida r)	mm	1310	1510	1495	1690	1730	1930	1950	2095
Longitud total con quemador y cubierta (medida s)	mm	1670	1870	1875	2070	2095	—	—	—
Anchura total (medida e)	mm	755	755	825	825	905	905	1040	1040
Altura total (medida b)	mm	1315	1315	1350	1350	1460	1460	1625	1625
Altura de mantenimiento (regulación) (medida a)	mm	1435	1435	1500	1500	1645	1645	1815	1815
Altura									
— Soportes regulables antivibratorios	mm	28	28	28	28	28	—	—	—
— Soportes antivibratorios (con carga)	mm	—	—	—	—	—	37	37	37
<b>Bancada</b>									
Longitud	mm	1000	1200	1200	1400	1400	1650	1650	1800
Anchura	mm	760	760	830	830	900	900	1040	1040
<b>Diámetro de la cámara de combustión</b>	mm	380	380	400	400	480	480	570	570
<b>Longitud de la cámara de combustión</b>	mm	800	1000	1000	1200	1200	1400	1400	1550
<b>Peso del cuerpo de la caldera</b>	kg	300	345	405	455	630	700	925	1025
<b>Peso total</b>	kg	345	390	455	505	680	760	990	1095
Caldera con aislamiento térmico y regulación de caldera									
<b>Peso total</b>	kg	375	420	485	535	710	—	—	—
Caldera con aislamiento térmico, quemador y regulación de caldera									
<b>Volumen de agua de la caldera</b>	litros	180	210	255	300	400	445	600	635
<b>Conexiones de la caldera</b>									
Impulsión y retorno de caldera	PN 6 DN	65	65	65	65	65	80	100	100
Toma de seguridad (válvula de seguridad)	R	1¼	1¼	1¼	1¼	1½	1½	1½	1½
Vaciado	R	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼
<b>Índices de humos*2</b>									
Temperatura (con una temperatura de caldera de 60 °C)									
— con potencia térmica nominal	°C	185	185	185	185	185	185	185	185
— con carga parcial	°C	125	125	125	125	125	125	125	125
Temperatura (con una temperatura de caldera de 80 °C)	°C	195	195	195	195	195	195	195	195
Caudal másico (con gasóleo C y gas natural)									
— con potencia térmica nominal	kg/h	150	200	250	333	450	583	733	934
— con carga parcial	kg/h	90	120	150	200	270	350	440	561

\*1 Puerta de la caldera desmontada.

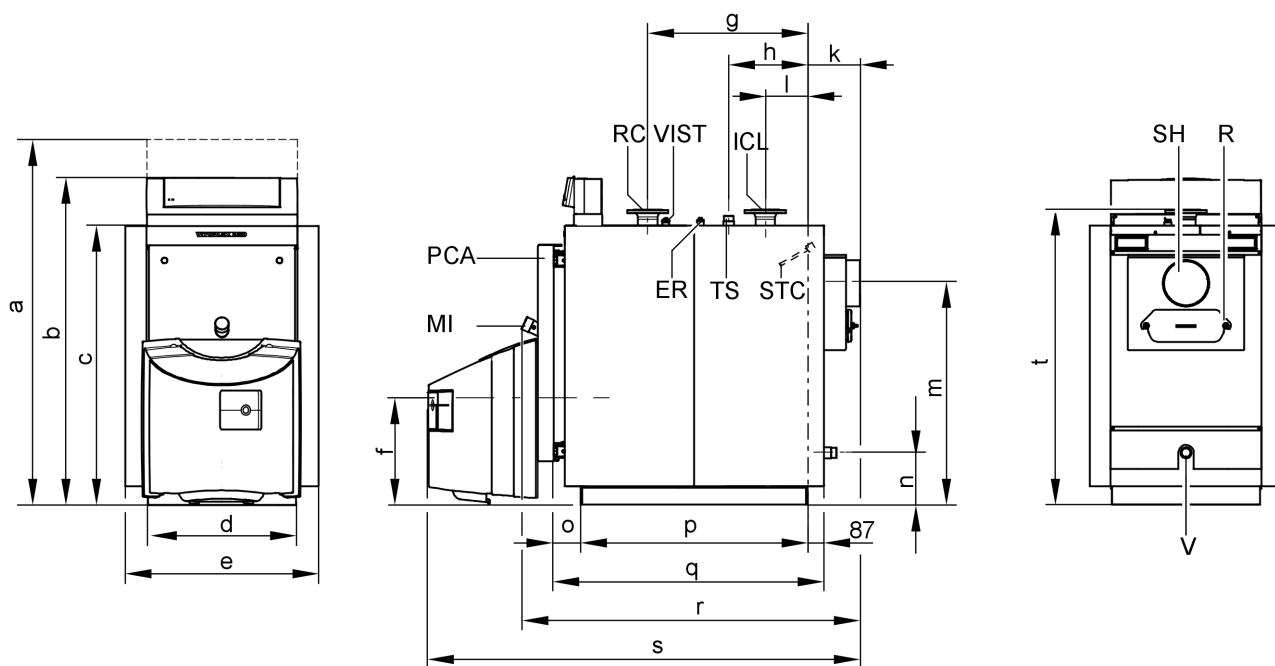
\*2 Valores de cálculo para el dimensionado del sistema de salida de humos de acuerdo con la norma EN 13384 referidos a un 13 % de CO<sub>2</sub> con gasóleo C y un 10 % de CO<sub>2</sub> con gas natural.

Temperaturas de humos indicadas en valores brutos medidos a una temperatura del aire de combustión de 20 °C.

Los datos relativos a la carga parcial se refieren a una potencia del 60 % de la potencia térmica útil. Si varía la carga parcial (según el modo de funcionamiento), se tiene que calcular el caudal másico de humos correspondiente.

## Datos técnicos (continuación)

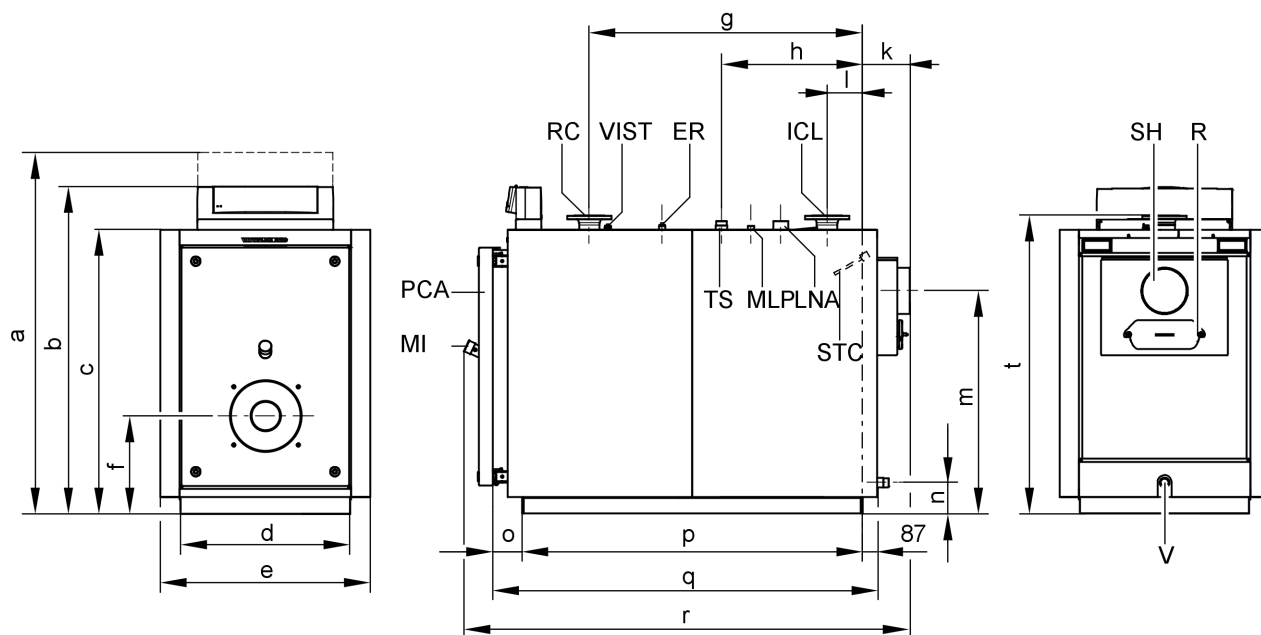
<b>Potencia térmica útil</b>	<b>kW</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>270</b>	<b>350</b>	<b>440</b>	<b>560</b>
Tiro necesario	Pa/mbar	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Conexión de humos</b>	<b>Ø mm</b>	180	180	200	200	200	200	250	250
<b>Rendimiento estacional</b> (para el funcionamiento con gasó- leo) con una temp. del sist. de calef. de 75/60 °C	%	88 (H <sub>s</sub> ) / 94 (H <sub>i</sub> )							
<b>Pérdida por disposición de ser- vicio</b> $q_{B,70}$	%	0,40	0,35	0,30	0,30	0,25	0,25	0,22	0,20



90 - 270 kW

5828 327-3 ES

## Datos técnicos (continuación)



350 - 560 kW

ER Manguito R ½ para equipo de regulación adicional  
 ICL Impulsión de caldera  
 LNA Manguito R 2 para el limitador del nivel de agua  
 MI Mirilla de inspección  
 MLP Manguito R ½ para dispositivo de limitación de presión máxima  
 PCA Puerta de la caldera  
 R Registro de limpieza

RC Retorno de caldera  
 SH Salida de humos  
 STC Sonda de temperatura de caldera  
 TS Toma de seguridad (válvula de seguridad)  
 V Vaciado  
 VIST Vaina de inmersión para sonda de temperatura Therm-Control

Tabla de dimensiones

Potencia térmica útil	kW	90	120	150	200	270	350	440	560
a	mm	1435	1435	1500	1500	1645	1645	1815	1815
b	mm	1315	1315	1350	1350	1460	1460	1625	1625
c	mm	1085	1085	1115	1115	1225	1225	1395	1395
d	mm	575	575	650	650	730	730	865	865
e	mm	755	755	825	825	905	905	1040	1040
f	mm	440	440	440	440	420	420	470	470
g	mm	622	825	811	1009	979	1179	1146	1292
h	mm	307	395	324	423	409	609	710	783
k	mm	203	203	203	203	203	203	224	224
l	mm	165	165	151	151	153	153	166	166
m	mm	860	860	885	885	960	960	1110	1110
n	mm	200	200	190	190	135	135	135	135
o	mm	110	110	110	110	130	130	130	130
p (longitud de los rieles inferiores)	mm	882	1085	1071	1268	1269	1469	1471	1617
q	mm	1195	1400	1385	1580	1600	1800	1825	1970
r (medida de introducción)	mm	1310	1510	1495	1690	1730	1930	1950	2095
s	mm	1670	1870	1875	2070	2095	—	—	—
t	mm	1145	1145	1180	1180	1285	1285	1455	1455

Medid- Tenga en cuenta la altura de montaje del quemador.

a f:

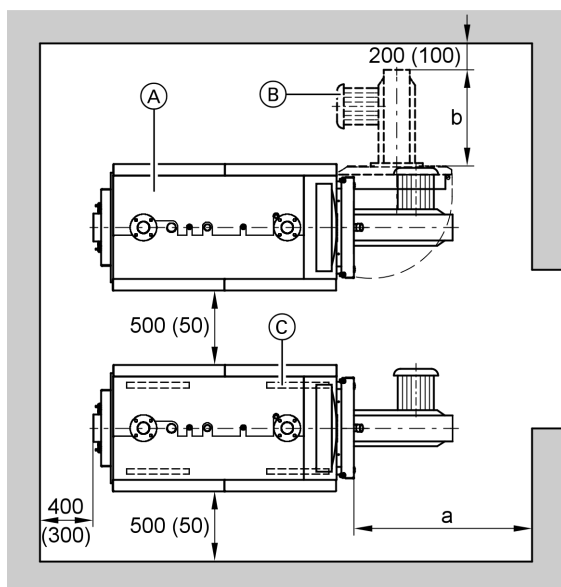
*Si se presentan dificultades en el montaje, se puede desmontar la puerta de caldera.*

Medid- Puerta de la caldera desmontada.

a q:

## Datos técnicos (continuación)

### Emplazamiento



- (A) Caldera  
(B) Quemador  
(C) Soportes regulables antivibratorios (de 90 a 270 kW) o soportes antivibratorios (de 350 a 560 kW)

Potencia térmica útil	kW	90	120	150	200	270	350	440	560
a	mm	1100			1400		1600		

Medid- Es necesario disponer de esta distancia delante de la  
a a: caldera para desmontar los turbuladores y limpiar los  
pasos de humos.

Medid- Tenga en cuenta la longitud total del quemador.  
a b:

#### Emplazamiento

- No debe haber contaminación del aire por hidrocarburos halogenados clorofluorados (presentes p. ej. en aerosoles, pinturas, disolventes y productos de limpieza).

Para un montaje y un mantenimiento sencillos, deben respetarse las medidas indicadas; si se dispone de poco espacio, bastará con respetar las distancias mínimas (medidas entre paréntesis). En el estado de suministro, la puerta de la caldera viene montada de manera que puede abrirse hacia la izquierda. Es posible cambiar de lugar los pernos de la bisagra de modo que la puerta gire hacia la derecha.

- Debe evitarse la excesiva acumulación de polvo.
- La humedad del aire no debe ser elevada.
- El lugar de emplazamiento debe estar protegido de las heladas y bien ventilado.

De lo contrario, podrían producirse averías y daños en el equipo. En locales en los que se prevea contaminación del aire por **hidrocarburos halogenados clorofluorados** sólo se podrá instalar esta caldera si se toman las medidas necesarias para garantizar el suministro de aire de combustión no contaminado.

### Montaje del quemador

Caldera de hasta 120 kW:

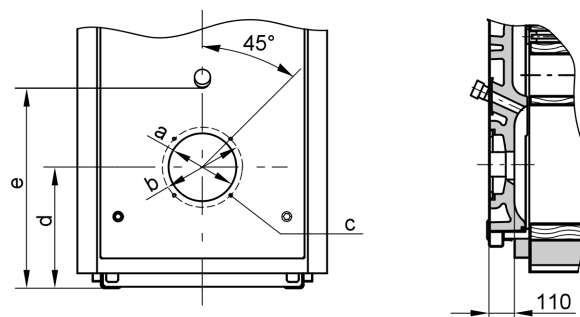
La distancia entre los taladros de fijación del quemador, los taladros de fijación del quemador en sí y el orificio de paso del cañón del quemador cumplen la norma EN 226.

Calderas a partir de 150 kW:

La distancia entre los taladros de fijación del quemador, los taladros de fijación del quemador en sí y el orificio para el cañón del quemador cumplen la norma EN 303-1.

El quemador se puede montar directamente en la puerta de la caldera. Si las medidas del quemador difieren de las especificadas en la norma EN 303-1, debe montarse la placa del quemador que se incluye en el volumen de suministro.

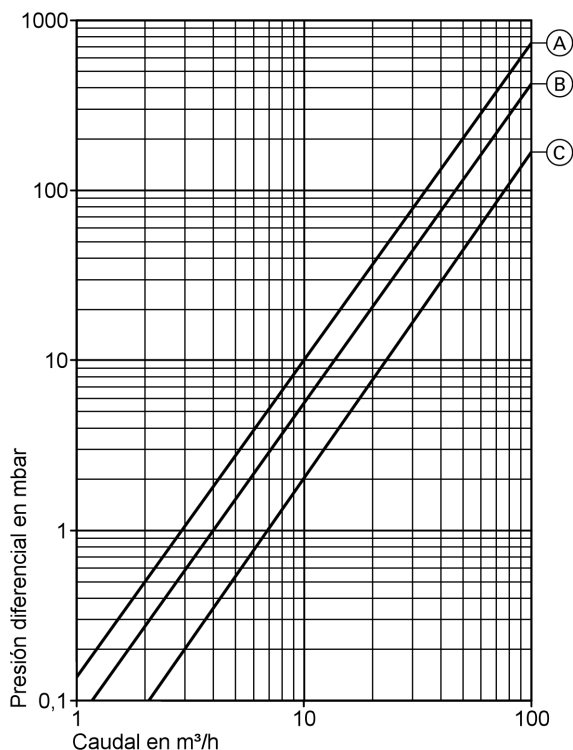
A petición (con un coste adicional) las placas del quemador se pueden mecanizar en fábrica. Para ello, indique en el pedido la marca y el modelo del quemador. El cañón del quemador debe sobresalir del aislamiento térmico de la puerta de la caldera.



## Datos técnicos (continuación)

Potencia térmica útil	kW	90	120	150	200	270	350	440	560
a	Ø en mm	135	135	240	240	240	290	290	290
b	Ø en mm	170	170	270	270	270	330	330	330
c	Número/rosca	4/M 8	4/M 8	4/M 10	4/M 10	4/M 10	4/M 12	4/M 12	4/M 12
d	mm	440	440	440	440	420	420	470	470
e	mm	650	650	650	650	670	670	780	780

## Pérdida de carga del circuito primario de caldera



La Vitoplex 200 es apropiada únicamente para calefacciones de agua caliente con bomba.

- (A) Potencia térmica útil de 90 a 270 kW
- (B) Potencia térmica útil de 350 kW
- (C) Potencia térmica útil de 440 y 560 kW

## Volumen de suministro

Cuerpo de la caldera con puerta montada y tapa de limpieza atornillada.  
Las contrabridas están atornilladas a las conexiones.  
Los tornillos niveladores y el cierre de la mirilla se encuentran en la cámara de combustión.  
El utensilio de limpieza se encuentra sobre la caldera.  
La Therm-Control se encuentra en la bolsa situada en la puerta de la caldera.

- 2 Embalaje con el aislamiento térmico
- 1 Embalaje con la regulación de la caldera y 1 bolsa con la documentación técnica

- 1 juego de accesorios del producto (conector codificador y documentación técnica de la Vitoplex 200)
- 1 Placa del quemador (desde 150 kW)

- Vitoplex 200, de 90 a 270 kW:  
Dependiendo del pedido, quemador presurizado a gasóleo o gas Vitoflame 100.
- Vitoplex 200, de 350 a 560 kW:  
Se pueden adquirir quemadores presurizados a gasóleo/gas adecuados de la marca Weishaupt o de la marca ELCO que se han de pedir por separado (ver Lista de precios). El suministro lo efectúa Weishaupt o ELCO.

## Volumen de suministro (continuación)

### Variantes de regulación

#### Para instalación de una sola caldera:

##### ■ Sin cuadro eléctrico Vitocontrol

###### **Vitotronic 100** (modelo GC1)

Para una temperatura de caldera constante o servicio en función de la temperatura exterior en combinación con un cuadro eléctrico (ver más adelante) o una regulación externa.

###### **Vitotronic 200** (modelo GW1)

Para descenso progresivo de la temperatura de caldera sin regulación de válvula mezcladora

###### **Vitotronic 300** (modelo GW2)

Para descenso progresivo de la temperatura de caldera con regulación de válvula mezcladora para un máx. de 2 circuitos de calefacción con válvula de dicho tipo

##### ■ Con cuadro eléctrico Vitocontrol

###### **Vitotronic 100** (modelo GC1) y **módulo LON** (accesorio)

y

**Cuadro eléctrico Vitocontrol** con **Vitotronic 300-K** (modelo MW1S) para servicio en función de la temperatura exterior y regulación de válvula mezcladora para un máx. de 2 circuitos de calefacción con válvula mezcladora, y otra **Vitotronic 200-H**, modelo HK1S o HK3S, para 1, 2 o 3 circuitos de calefacción con válvula mezcladora

o

**Cuadro eléctrico** con regulación externa (proporcionada por el instalador/la empresa instaladora)

#### Para instalación de varias calderas (hasta 4 calderas):

##### ■ Sin cuadro eléctrico Vitocontrol

###### **Vitotronic 100** (modelo GC1) y **módulo LON** en combinación con **Vitotronic 300-K** (modelo MW1)

Para un descenso progresivo de la temperatura de caldera (una de las calderas se suministra con el equipamiento técnico de regulación básico para la instalación de varias calderas)

y

**Vitotronic 100** (modelo GC1) y **módulo LON** para un descenso progresivo de la temperatura de cada una de las calderas de la instalación de varias calderas

##### ■ Con cuadro eléctrico Vitocontrol

**Vitotronic 100** (modelo GC1) y **módulo LON** (accesorio) para un descenso progresivo de la temperatura de cada una de las calderas de la instalación de varias calderas

y

**Cuadro eléctrico Vitocontrol** con **Vitotronic 300-K** (modelo MW1S) para instalación de varias calderas con servicio en función de la temperatura exterior y regulación de válvula mezcladora para un máx. de 2 circuitos de calefacción con válvula mezcladora, y otra **Vitotronic 200-H**, modelo HK1S o HK3S, para 1, 2 o 3 circuitos de calefacción con válvula mezcladora

o

**Cuadro eléctrico** con regulación externa (proporcionada por el instalador/la empresa instaladora)

## Accesorios de la caldera

### Intercambiador de calor de humos

En la Vitoplex 200 resulta rentable condensar los humos mediante la conexión posterior de un intercambiador de calor de acero inoxidable, convirtiendo así la caldera en una caldera de condensación.

Para más indicaciones, ver la Documentación de planificación del intercambiador de calor humos/agua Vitotrans 300.

### Otros accesorios

Consulte la Lista de precios y los Datos técnicos "Accesorios para calderas".

## Condiciones de funcionamiento con regulaciones de caldera Vitotronic

Para más información sobre los requisitos que deben cumplir las propiedades del agua, consulte las Instrucciones de planificación de esta caldera.

		Requisitos	
Servicio con régimen de combustión del quemador		≥ 60 %	< 60 %
1.	Caudal volumétrico del agua de calefacción	Ninguno	
2.	Temperatura de retorno de caldera (valor mínimo)*1	Ninguno	
3.	Temperatura mínima de caldera	– Funcionamiento con gasóleo: 50 °C – Funcionamiento con gas: 60 °C	– Funcionamiento con gasóleo: 60 °C – Funcionamiento con gas: 65 °C
4.	Funcionamiento a dos etapas del quemador	1. etapa: 60 % de la potencia térmica útil	No se requiere carga mínima
5.	Funcionamiento modulante del quemador	Entre el 60 y el 100 % de la potencia térmica útil	No se requiere carga mínima
6.	Funcionamiento reducido	Instalaciones de una sola caldera y caldera guía de instalaciones de varias calderas – Funcionamiento a temperatura mínima de caldera	

\*1 El ejemplo de instalación correspondiente a la aplicación de la conexión de arranque de la Therm-Control está incluido en los ejemplos de instalación de la Documentación de planificación.

## Condiciones de funcionamiento con regulaciones de caldera Vitotronic (continuación)

	Requisitos	
Servicio con régimen de combustión del quemador	≥ 60 %	< 60 %
	Las siguientes calderas de instalaciones de varias calderas – Se desconectan	
7. Reducción de fin de semana	Igual que el funcionamiento reducido	

## Indicaciones para la planificación

### Montaje de un quemador adecuado

El quemador debe ser adecuado para la potencia térmica útil correspondiente y para la pérdida de carga en pasos de humos (sobrepresión) de la caldera (consulte los Datos técnicos del fabricante del quemador).

El material de la cabeza del quemador debe poder soportar temperaturas de servicio de hasta 500 °C como mínimo.

#### Quemador presurizado a gasóleo

El quemador debe haber sido probado y homologado según la norma EN 267.

#### Quemador presurizado a gas

El quemador debe haber sido probado según la EN 676 y tener la homologación CE según la Directiva 90/396/CEE.

#### Ajuste del quemador

Se ha de ajustar el caudal de gas o gasóleo del quemador a la potencia térmica útil indicada para la caldera.

### Detector de nivel de agua

Según EN 12828, las calderas Vitoplex 200 de hasta 300 kW (excepto en caso de centrales térmicas de cubierta) pueden prescindir del detector de nivel de agua siempre y cuando la regulación de caldera estándar se haya conectado según lo indicado en las Instrucciones de montaje.

Si se da una falta de agua debida a la presencia de fugas en la instalación de calefacción a la vez que el quemador está en funcionamiento, la regulación desconecta el quemador antes de que la caldera y el sistema de salida de humos se calienten en exceso.

### Otros datos sobre la planificación

Consulte las Instrucciones de planificación de la caldera en cuestión.

## Calidad probada



Homologación CE conforme a las directivas CE vigentes.



Marca de tipificación austríaca que certifica la seguridad electrotécnica.



Marca de calidad del Instituto austriaco para los sectores del gas y del agua según la Directiva de marcas de calidad de 1942, DRGBI. I, para productos de estos sectores.



 Impreso en papel ecológico,  
blanqueado sin cloro.

Sujeto a modificaciones técnicas.

Viessmann, S.L.  
Sociedad Unipersonal  
C/ Sierra Nevada, 13  
Área Empresarial Andalucía  
28320 Pinto (Madrid)  
Teléfono: 916497400  
Fax: 916497399  
[www.viessmann.es](http://www.viessmann.es)

5828 327-3 ES

## Armaflex SH



Aislamiento de tuberías para calor con coquillas flexibles

armacell

### Descripción

Coquillas y planchas de espuma elastomérica a base de caucho sintético flexible, de estructura celular cerrada.

### Aplicaciones

- Aislamiento térmico para sistemas de calefacción e hidrosanitaria, que cumple con el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) apéndice 03.1.

### Dimensiones

Coquillas de 2 m de largo en diversos espesores.

Diámetro de la tubería (mm)	Espesor coquilla estándar (mm)	Espesor coquilla autoadhesiva (mm)	Longitud (m)	
12	9 y 19	9	2	
15		9 y 19		
18				
28				
35				
42	9, 19 y 27			
48				
54		19		
60	9 Y 27			
76				
89				
102				
114				9, 27 Y 37
140				
160				
168				

Planchas: en hojas, en espesores 13, 20 y 30 mm. de 2 m x 0,5 m.

### Campo de aplicación

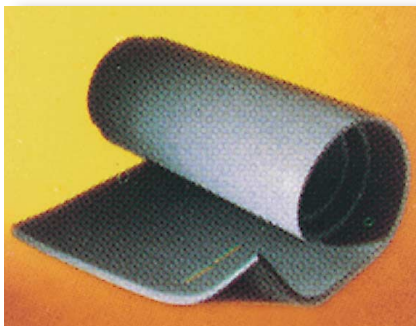
De +10 °C a +105 °C (+85 °C para la plancha).

### Aislamiento térmico


Temperatura media °C	20
Conductividad Térmica W/(m·K)	≤0,037



# ISOVER



**Aislamiento de tuberías para calor con coquillas flexibles**

 **armacell**

## **Reacción al fuego**

- Clasificación M1 (no inflamable).

## **Resistencia a la intemperie**

El producto instalado a la intemperie se protegerá, después de pasadas 36 horas y antes de los siete días, con dos capas de pintura Armafinish.

## **Sellos y certificados**

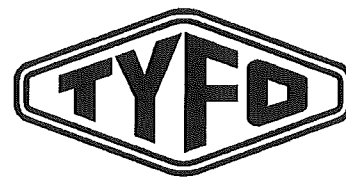


**SAINT-GOBAIN**  
**ISOVER ESPAÑA**

**SAINT-GOBAIN CRISTALERÍA, S.A.**  
**División Aislamiento**

Tlfno.: 91 397 20 00 - Fax: 91 397 24 39  
e-mail: [isover.es@saint-gobain.com](mailto:isover.es@saint-gobain.com)  
<http://www.isover.net>

# Tyfocor<sup>®</sup> G-LS



**Información Técnica**

<sup>®</sup> = Marca registrada

**Caloportador especial de evaporación controlada a base de 1,2-propilenglicol para uso en instalaciones de energía solar**

Edición: Junio de 2005

**TYFOROP CHEMIE GmbH**

Anton-Rée-Weg 7  
D – 20537 Hamburg

Teléfono: +49-(0)40 20 94 97-0  
Telefax: +49-(0)40 20 94 97-20  
E-mail: [info@tyfo.de](mailto:info@tyfo.de)  
Internet: [www.tyfo.de](http://www.tyfo.de)

**Composición química**  
**Valores característicos**

1,2-propilenglicol, agua destilada e inhibidores de la corrosión.

Aspecto:	líquido transparente, violeta	
Densidad (20°C)	1,032 – 1,035 g/cm³	ASTM D 1122
Índice de refracción (20°C)	1,380 – 1,384	DIN 51 757
Valor del pH (20°C)	9,0 – 10,5	ASTM D 1287
Reserva de alcalinidad	mín. 20 ml 0,1 n HCl	ASTM D 1121
Viscosidad (20°C)	4,5 – 5,5 mm²/s	DIN 51 562
Punto de ebullición	102 – 105 °C	ASTM D 1120
Punto de inflamación	No es inflamable	DIN 51 376
Contenido de agua	55 – 58 %	DIN 51 777
Resistencia a las heladas	–28 °C	ASTM D 1177

**Control de Calidad**

Estos datos corresponden a los valores medios en el momento de la impresión de la presente información técnica. No tienen la consideración de una especificación del producto. Los valores característicos pormenorizados forman parte de una especificación del producto independiente.

**Propiedades**

El Tyfocor G-LS es un líquido transparente y de olor tenue compuesto por una solución acuosa de 1,2-propilenglicol toxicológicamente inofensiva. El producto fue desarrollado especialmente como caloportador para su uso en instalaciones de energía solar expuestas a elevadas cargas térmicas (colectores de vacío).

El producto contiene inhibidores de corrosión muy efectivos que aportan una protección duradera contra la corrosión, la degradación y la formación de depósitos a todos los metales y sus combinaciones y también a los materiales no metálicos usados comúnmente en calefacciones solares. Mantiene limpias las superficies de transmisión térmica, garantizando así un rendimiento del sistema de energía solar elevado y uniforme.

**Con el fin de preservar sus propiedades específicas, el producto no debe mezclarse con otros caloportadores ni diluirse en agua. Las pérdidas de fluido caloportador deben compensarse exclusivamente con Tyfocor G-LS.**

**Aplicación**

El Tyfocor G-LS puede utilizarse como caloportador para sistemas solares que tengan temperaturas de inactividad elevadas (colectores de vacío) si se observan las siguientes indicaciones:

En caso de inactividad de la instalación, es preciso garantizar, mediante la ejecución de los correspondientes sistemas hidráulicos, que, al alcanzar la temperatura de inactividad, el fluido solar se puede extraer por completo de los colectores, en la medida de lo posible, y almacenarse en depósitos de expansión de dimensiones apropiadas.

Tyfocor G-LS no puede ser expuesto a temperaturas prolongadas superiores a 170°C. Las temperaturas superiores a 200 °C provocan una lenta descomposición térmica del propilenglicol, la cual puede identificarse por el oscurecimiento del caloportador. Como consecuencia, la duración del fluido se puede ver reducida considerablemente.

**Efecto anticorrosivo**

El cuadro siguiente indica el efecto anticorrosivo del Tyfocor G-LS. Test de corrosión según ASTM D 1384 (American Society for Testing and Materials). Variación media del peso en g/m²

Material	Tyfocor G-LS
Cobre (SF Cu)	– 2.0
Soldadura blanda (L Sn 30)	– 6.0
Latón (MS 63)	– 4.0
Acero (HI)	– 0.1
Hierro colado (GG 26)	– 0.2
Aluminio colado (G AlSi6Cu4)	– 0.3

**Compatibilidad con juntas**

El Tyfocor G-LS no ataca a las juntas comúnmente usadas en calefacciones solares. El cuadro siguiente ha sido elaborado tomando como base nuestra experiencia, ensayos propios e información procedente de la bibliografía disponible. Juntas, elastómeros y materiales plásticos que son compatibles con Tyfocor G-LS: Juntas como Fermit®, Fermitol® (marcas registradas de Nissen & Volk GmbH, Hamburg), cañamo

Caucho butílico	IIR
Caucho policloropreno	CR
Caucho etileno-propileno-dieno hasta 150 °C	EPDM
Elastómeros fluorocarbonados	FPM
Caucho hasta 80 °C	NR
Caucho nitrilo	NBR
Poliacetales	POM
Poliamidas hasta 115 °C	PA
Polibutenos	PB
Polietileno blando / duro	PE-LD, PE-HD
Polietileno reticulado	PE-X
Polipropileno	PP
Politetrafluoroetileno	PTFE
Cloruros de polivinilo duro	PVC h
Cauchos de estireno-butadieno hasta 100 °C	SBR
Poliésteres insaturadas	UP

Las resinas fenólicas, las resinas de urea, el cloruro de polivinilo blando y los elastómeros a base de poliuretanos no son resistentes.

En caso de utilizarse elastómeros, hay que tener en cuenta que las características de uso de estos materiales vienen determinadas no sólo por las características del caucho original (por ejemplo EPDM), sino también por el tipo y la cantidad de los materiales adicionales, así como por las condiciones de vulcanización. Por ello, se recomienda llevar a cabo una prueba de adecuación para Tyfocor G-LS antes de su utilización por vez primera. Ello resulta aplicable en particular a los elastómeros que se prevea utilizar como material para las membranas de los depósitos de compensación según DIN 4807.

Han demostrado su estabilidad frente a Tyfocor G-LS caliente: hasta 160 °C: juntas a base de 70 EPDM 281\*, y hasta 200 °C: juntas planas como REINZ-AFM 34\*\* o Centellen 3820\*\*\* a base de aramida / NBR especial.

#### Indicaciones de aplicación

Las especiales características de Tyfocor G-LS hacen precisa la observancia de las siguientes directrices de aplicación si se desea proteger de forma duradera las instalaciones de energía solar.

1. Las instalaciones de energía solar deben construirse como sistemas cerrados. De lo contrario, la entrada de oxígeno atmosférico aceleraría el envejecimiento del fluido, o, lo que es lo mismo, reduciría la duración del mismo.
2. Los vasos de compensación de membrana deben cumplir los requisitos de DIN 4807.
3. Es preferible que las uniones soldadas se lleven a cabo por medio de soldaduras fuertes de plata o cobre. Si se utilizan fundentes que contengan cloruros para la soldadura blanda, deberán retirarse los residuos que queden en el sistema de circulación enjuagándolo a conciencia, ya que unos elevados contenidos de cloruro en el calorportador pueden provocar daños por corrosión.
4. Como elementos de unión flexibles se utilizarán tubos flexibles con barrera de difusión de oxígeno o, preferiblemente, tubos metálicos flexibles.
5. Las instalaciones no deben contener intercambiadores de calor, acumuladores de calor, depósitos o tubos galvanizados en el primario porque el propilenglicol puede disolver el zinc.
6. Tyfocor G-LS es químicamente inerte. No obstante, es preciso asegurarse de que los materiales de las juntas y uniones son resistentes, según las indicaciones del fabricante, a la temperatura máxima alcanzada por el fluido.
7. Debe retirarse la escoria que se forme en los distintos componentes de cobre de la instalación, ya que las mezclas de propilenglicol/ agua calientes pueden hacer que se desprenda.

\* Carl Freudenberg Dichtungs- u. Schwingungstechnik, Pf 100363, D-69465 Weinheim

\*\* REINZ-Dichtungs GmbH, Postfach 1909, D-89229 Neu-Ulm

\*\*\* Hecker Werke GmbH & Co, D-71093 Weil im Schönbuch

8. Hay que asegurarse de que entre los componentes de la instalación que están en contacto con el Tyfocor G-LS no existen corrientes eléctricas inducidas (peligro de corrosión).
9. Todas las tuberías deben colocarse de tal modo que no puedan surgir problemas de circulación por la existencia de bolsas de aire o sedimentos.
10. El sistema de circulación debe estar siempre lleno de fluido caloportador hasta el nivel más alto.
11. Tras llenarlo, hay que comprobar que en el sistema no quedan bolsas de aire.
12. Durante el montaje y antes del llenado, las instalaciones de energía solar y sus componentes deben protegerse contra la entrada de suciedad y agua. Una vez completada la instalación, debería llevarse a cabo una limpieza interior (enjuagado) con el objeto de eliminar los residuos sólidos (virutas metálicas, escamas de óxido, restos del embalaje, serrín, etc.) y los materiales utilizados en el montaje.
13. Tras el primer llenado y la puesta en funcionamiento, y en cualquier caso dentro del plazo de 14 días, deben limpiarse los filtros que pudieran haberse instalado con el objeto de no entorpecer la libre circulación del caloportador.
14. Las pérdidas de fluido caloportador deben compensarse exclusivamente con Tyfocor G-LS. **¡No diluir con agua!**

#### Embalaje

El Tyfocor G-LS se encuentra disponible en bidones de plástico de 10, 20 y 30 litros, en barriles de 200 litros y en camión cisterna.

#### Seguridad

El Tyfocor G-LS consta de 1,2-propilenglicol. No es obligatoria su identificación según las reglamentaciones de la Comunidad Europea.

#### Hoja de Seguridad

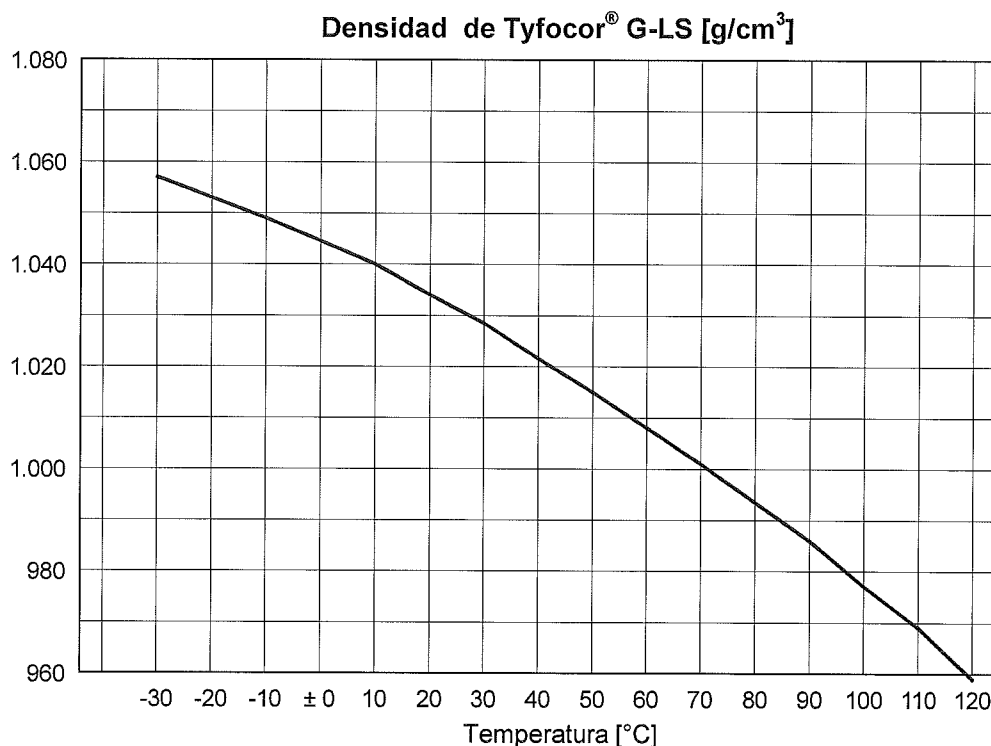
Hemos elaborado una Hoja de Seguridad conforme a las directivas de la Comunidad Europea 91/155/CEE y 2001/58/CEE para Tyfocor G-LS.

#### Manipulación

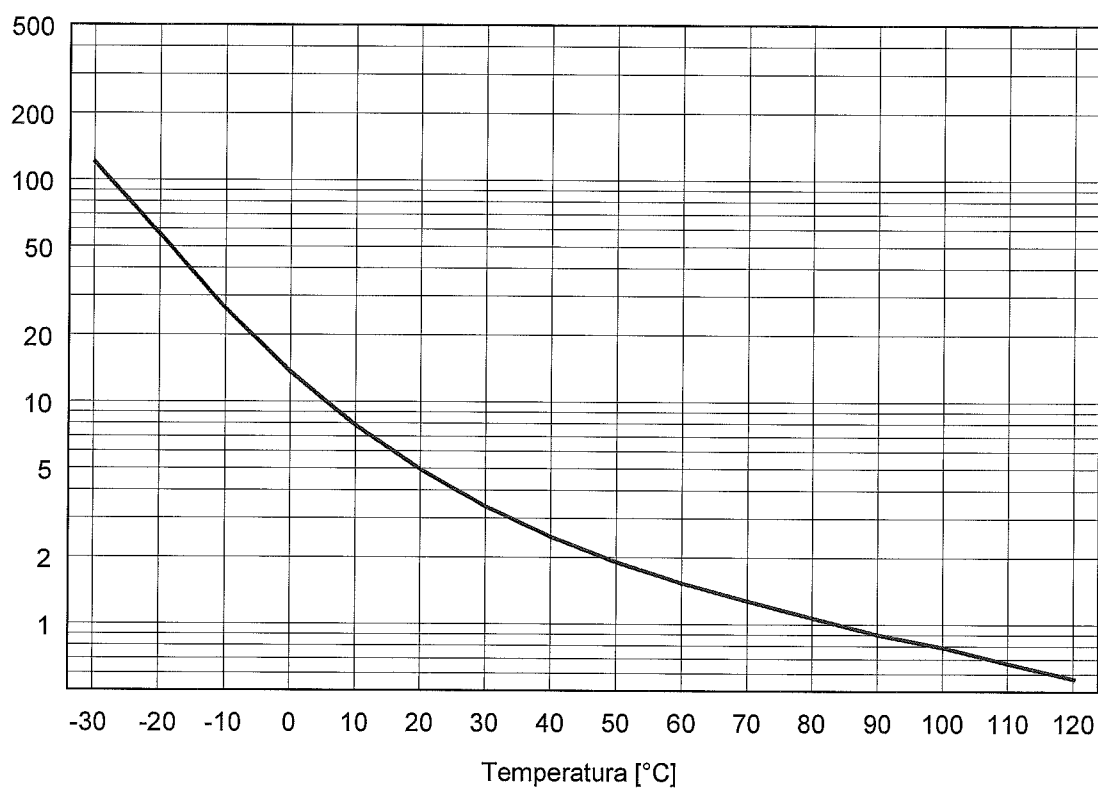
Manipular el Tyfocor G-LS con las precauciones de higiene industrial adecuadas y respetar las prácticas de seguridad. Observar las indicaciones de la Hoja de Seguridad.

#### Ecología

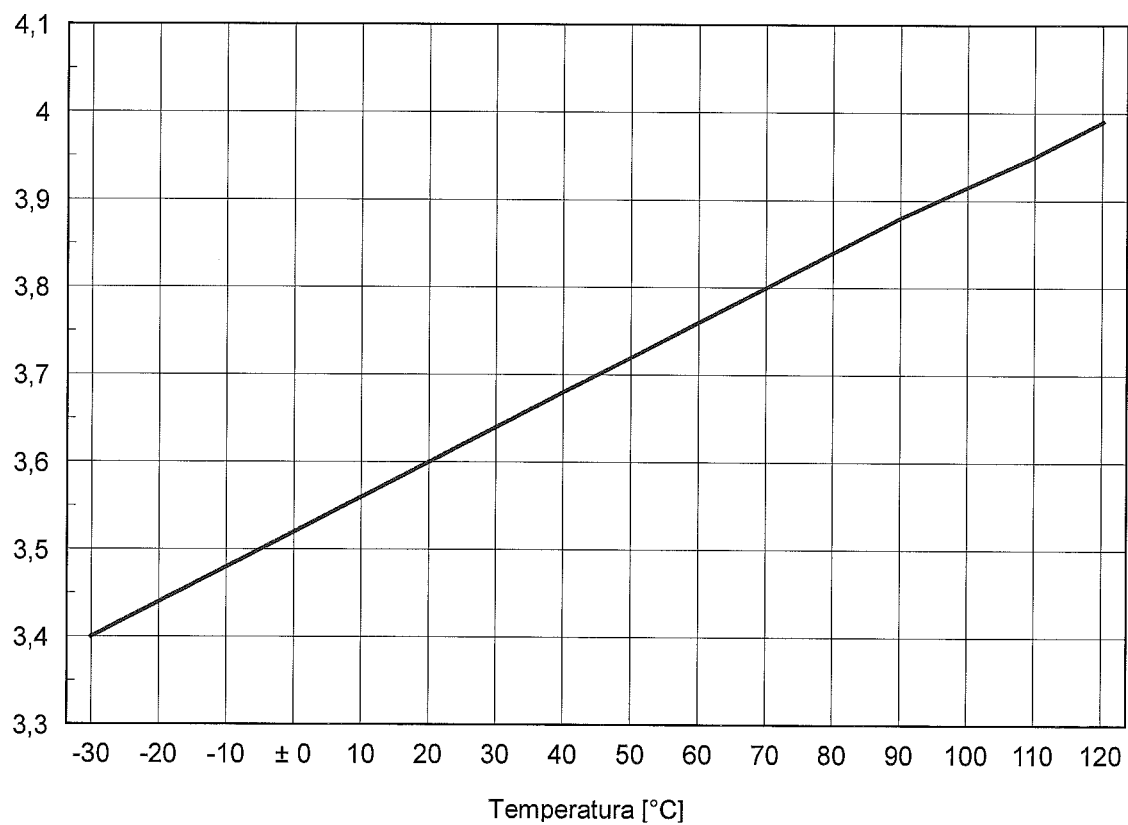
El G-LS se considera fácilmente biodegradable. En caso de vertido en pequeñas concentraciones, no son de esperar variaciones en la función del lodo activado de una planta depuradora biológicamente adaptada.



**Viscosidad cinemática de Tyfocor® G-LS [mm<sup>2</sup>/s]**

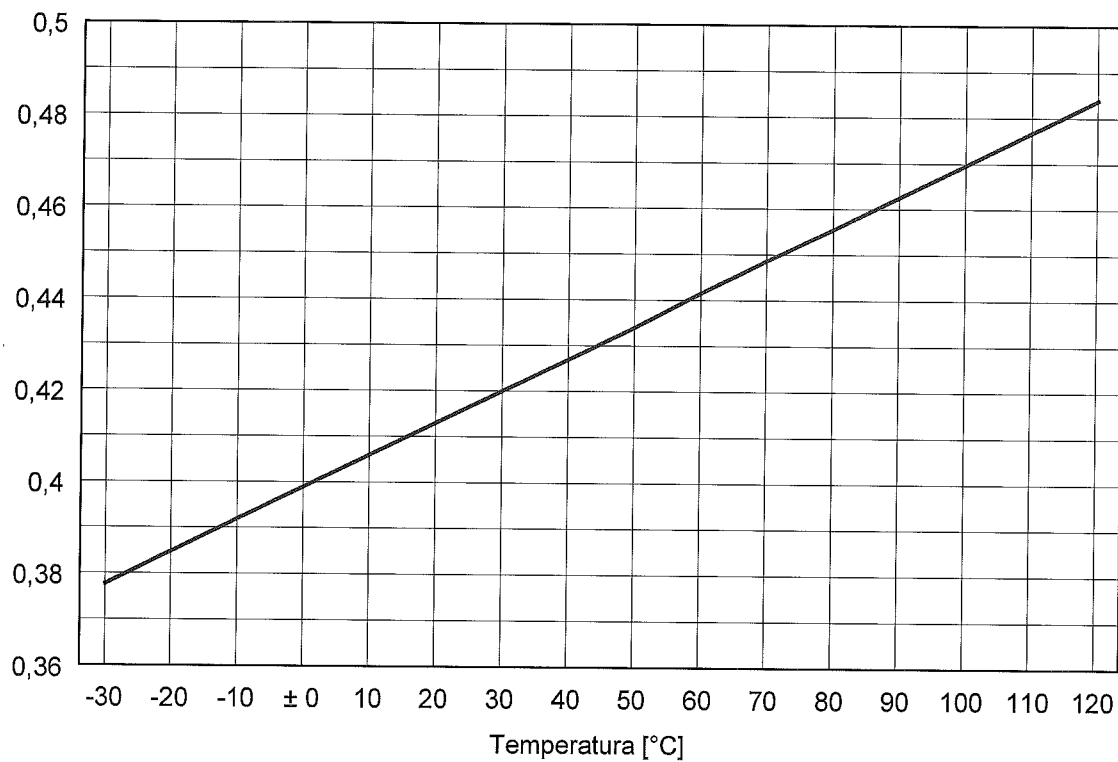


**Capacidad térmica específica de Tyfocor® G-LS**

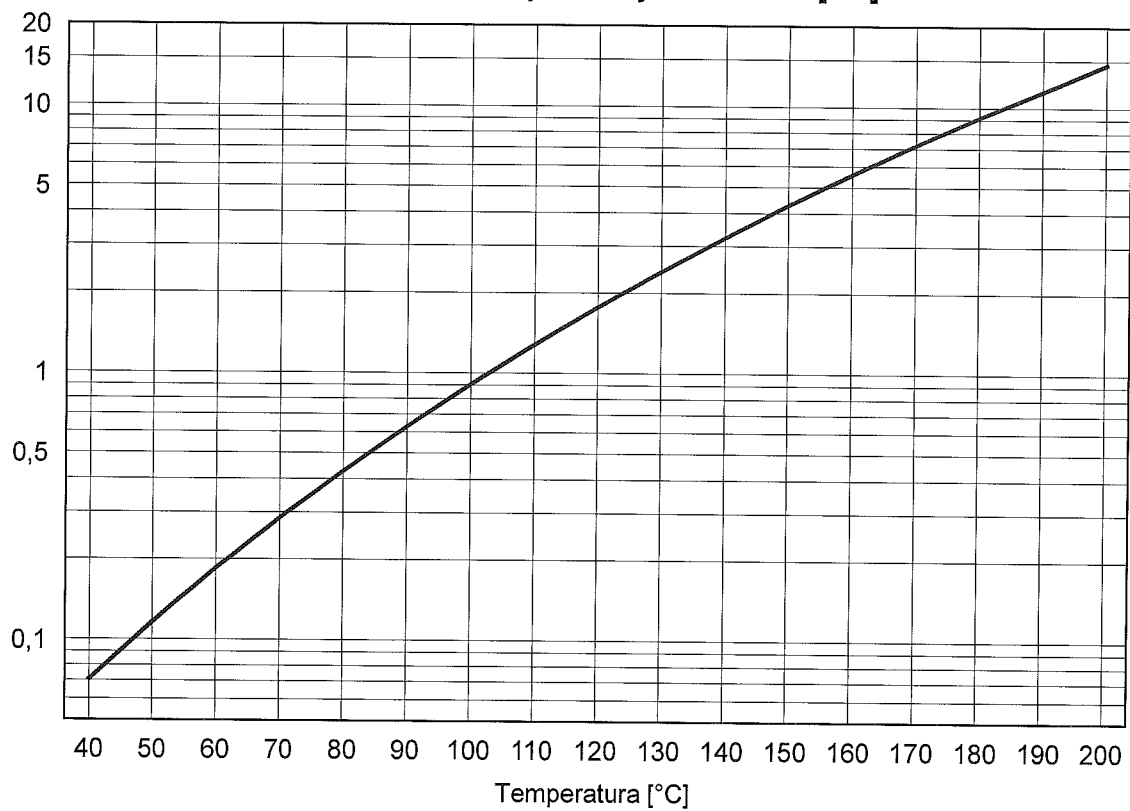


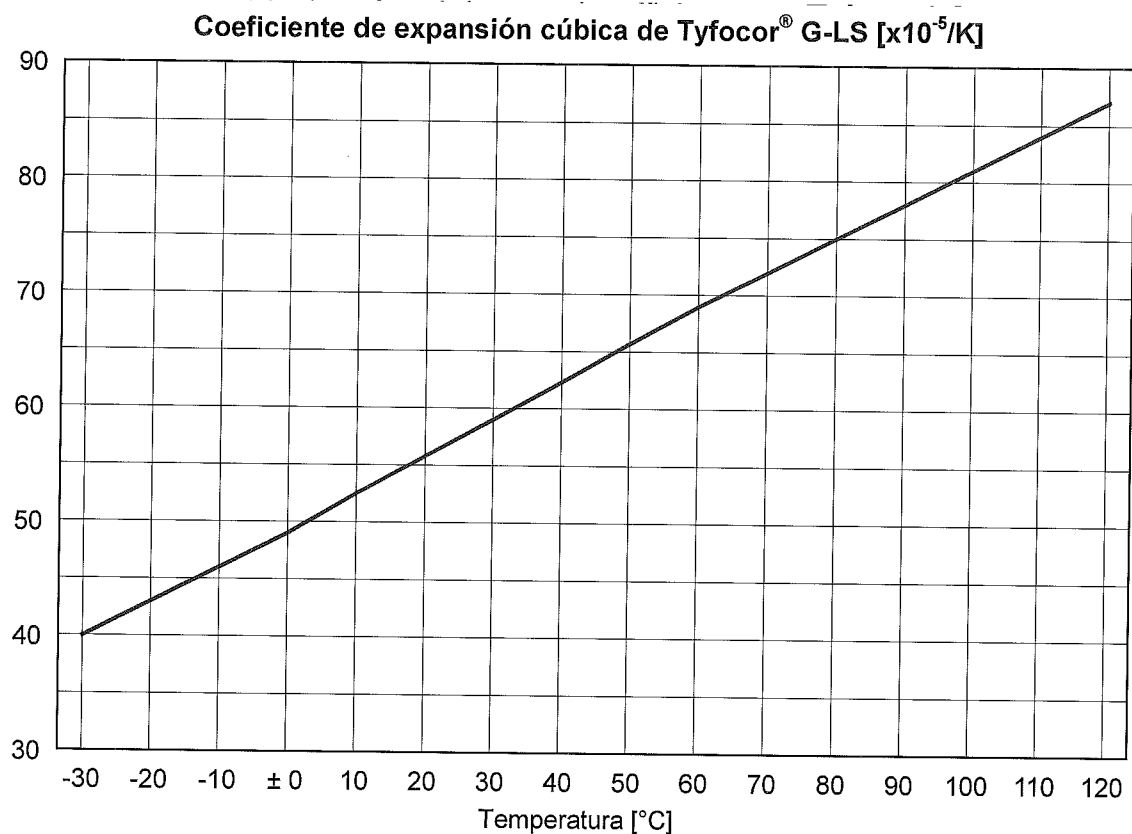


**Conductibilidad térmica de Tyfocor® G-LS [W/m·K]**



**Presión de vapor de Tyfocor® G-LS [bar]**





**Nota**

La presente información está basada en nuestros conocimientos y experiencias actuales. Debido a la gran variedad de factores que pueden influir en la transformación y aplicación de nuestros productos, la información facilitada no exime al usuario de la responsabilidad de llevar a cabo sus propios controles y ensayos. Asimismo, nuestras indicaciones no constituyen una garantía jurídicamente vinculante respecto de la existencia de determinadas propiedades ni tampoco respecto de la idoneidad para un uso específico. Es responsabilidad del receptor de nuestros productos observar las reglamentaciones y normativas correspondientes.

**TYFOROP CHEMIE GmbH**

Anton-Rée-Weg 7  
D – 20537 Hamburg

Teléfono: +49-(0)40 20 94 97-0  
Fax: +49-(0)40 20 94 97-20  
E-mail: [info@tyfo.de](mailto:info@tyfo.de)  
Internet: [www.tyfo.de](http://www.tyfo.de)



# CEE – HOJA DE SEGURIDAD

según 1907/2006/CE [REACH]

Fecha/actualizada el: 01.01.09

Fecha de impresión: 01.01.09

Página 01 de 04

## 1. Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa

**Nombre comercial:** TYFOCOR® G-LS listo para el uso, protección contra el frío hasta -28 °C  
**Uso:** Fluido caloportador para sistemas solares  
**Empresa:** TYFOROP Chemie GmbH, Anton-Rée-Weg 7, D - 20537 Hamburg  
Tel: +49 (0)40 -20 94 97-0; Fax: -20 94 97-20; e-mail: info@tyfo.de  
**Informaciones en caso de urgencia:** Tel: +49 (0)40 -20 94 97-0

## 2. Identificación de los peligros

No se conocen peligros específicos.

## 3. Composición / Información sobre los componentes

### Descripción química:

1,2-propilenglicol (Número CAS: 57-55-6) con inhibidores de la corrosión, solución acuosa.

### Sustancias peligrosas:

1,1'-Iminodipropán-2-ol	Contenido (w/w): > 1 % - < 3 %	Nº CAS: 110-97-4
	Nº CE: 203-820-9	Símbolo de peligrosidad: Xi
	Nº INDEX: 603-083-00-7	Frases-R: 36

En el caso que se mencionen sustancias peligrosas, en el capítulo 16 figura la indicación detallada de los símbolos de peligrosidad y las frases R.

## 4. Medidas de primeros auxilios

<b>Indicaciones generales:</b>	Cambiarse la ropa manchada.
<b>Tras inhalación:</b>	En caso de malestar tras inhalación de vapor/aerosol: respirar aire fresco, buscar ayuda médica.
<b>Tras contacto con la piel:</b>	Lavar abundantemente con agua y jabón.
<b>Tras contacto con los ojos:</b>	Lavar abundantemente bajo agua corriente durante al menos 15 minutos y con los párpados abiertos.
<b>Tras ingestión:</b>	Lavar la boca y beber posteriormente abundante agua.
<b>Indicaciones para el médico:</b>	Tratamiento sintomático (descontaminación, funciones vitales), no es conocido ningún antídoto específico.

## 5. Medidas de lucha contra incendios

<b>Medios de extinción adecuados:</b>	El producto no es combustible. Para extinguir incendios del medio-ambiente se debe utilizar agua pulverizada, medios de extinción en seco, espuma resistente a los alcoholes, CO <sub>2</sub> .
<b>Riesgos especiales:</b>	Vapores nocivos. Formación de humo/niebla. En caso de incendio las sustancias/grupos de sustancias citadas pueden desprenderse.
<b>Vestimenta de protección especial:</b>	En caso de fuego, protéjase con una máscara autónoma.
<b>Información adicional:</b>	El riesgo depende de las sustancias que se estén quemando y de las condiciones del incendio. El agua de extinción contaminada debe ser eliminada respetando las legislaciones locales vigentes.

## 6. Medidas en caso de vertido accidental

<b>Medidas de protección para las personas:</b>	No se recomienda ninguna medida especial.
<b>Medidas de protección para el medioambiente:</b>	Retener las aguas contaminadas, incluida el agua de extinción de incendios, caso de estar contaminada. El producto no debe ser vertido al alcantarillado sin un tratamiento previo (depuradora biológica).
<b>Método para la limpieza / recogida:</b>	Para grandes cantidades: Bombear el producto. Para residuos: Recoger con materiales absorbentes adecuados. Eliminar el material recogido de forma reglamentaria.

## 7. Manipulación y almacenamiento

<b>Manipulación:</b>	No se recomienda ninguna medida especial.
<b>Protección contra incendio / explosión:</b>	No se recomienda ninguna medida especial.
<b>Almacenamiento:</b>	Guardar en lugar seco los recipientes cerrados herméticamente. No se recomienda el almacenamiento en recipientes galvanizados.

## 8. Controles de la exposición / Protección personal

<b>Protección de las vías respiratorias:</b>	En caso de formación de humo/niebla.
<b>Protección de las manos:</b>	Guantes de protección resistentes a productos químicos (EN 374). (Recomendación: caucho nitrilo, índice de protección: 6). Debido a la gran variedad se debe tener en cuenta el manual de instrucciones de los fabricantes.
<b>Protección de los ojos:</b>	Gafas protectoras con cubiertas laterales (gafas con soporte, EN 166)
<b>Medidas generales de protección y de higiene:</b>	Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

## 9. Propiedades físicas y químicas

<b>Estado físico:</b>	Líquido.	
<b>Color:</b>	Violeta.	
<b>Olor:</b>	Tipico.	
<b>Punto de congelación:</b>	ca. -25 °C	(ASTM D 1177)
<b>Temperatura de solidificación:</b>	ca. -31 °C	(DIN 51583)
<b>Temperatura de ebullición:</b>	>100 °C	(ASTM D 1120)
<b>Punto de inflamación:</b>	no es inflamable	
<b>Límite de explosión inferior:</b>	2.6 % vol	(1,2-propilenglicol)
<b>Límite de explosión superior:</b>	12.6 % vol	(1,2-propilenglicol)
<b>Temperatura de ignición:</b>	no es aplicable	
<b>Presión de vapor (20 °C):</b>	ca. 20 mbar	
<b>Densidad (20 °C):</b>	ca. 1.030 g/cm <sup>3</sup>	(DIN 51757)
<b>Solubilidad en agua:</b>	sin límites	
<b>Solubilidad (cualitativa) disolventes:</b>	soluble en disolventes polares	
<b>Valor pH (20 °C):</b>	9.0 - 10.5	(ASTM D 1287)
<b>Viscosidad (cinemática, 20 °C):</b>	ca. 5.0 mm <sup>2</sup> /s.	(DIN 51562)

## 10. Estabilidad y reactividad

<b>Sustancias a evitar:</b>	Fuertes agentes oxidantes.
<b>Reacciones peligrosas:</b>	Ningunas reacciones peligrosas, si se tienen en consideración las normas/indicaciones sobre almacenamiento y manipulación.
<b>Productos peligrosos de descomposición:</b>	No se presentan productos peligrosos de descomposición, si se tienen en consideración las normas/indicaciones sobre almacenamiento y manipulación.

## 11. Informaciones toxicológicas

DL50/oral/rata: >2000 mg/kg. Iritación primaria en piel/conejo: no irritante (Directiva 404 de la OCDE). Iritación primaria en mucosa/conejo: no irritante (Directiva 405 de la OCDE)	
<b>Indicaciones adicionales:</b>	El producto no ha sido ensayado. La valoración ha sido calculada a partir de las propiedades de sus componentes individuales.

## 12. Indicaciones ecologicas

<b>Ecotoxicidad:</b>	Toxicidad en peces: <i>Leuciscus idus</i> / CL50 (96h): >100 mg/l Invertebrados acuáticos: CE50 (48 h): >100 mg/l Plantas acuáticas: CE50 (72 h): >100 mg/l Microorganismos / efecto sobre el lodo activado: DEV-L2 >1000 mg/l. Durante un vertido en pequeñas concentraciones no son de esperar variaciones en la función del lodo activado de una planta depuradora biológicamente adaptada.
<b>Valoración de toxicidad acuática:</b>	El producto no ha sido ensayado. La valoración ha sido calculada a partir de las propiedades de sus componentes individuales.
<b>Persistencia y degradabilidad:</b>	Indicaciones para la eliminación: Método de ensayo: OCDE 301 A (nueva versión) Método de análisis: disminución COD Grado de eliminación: >70 % Valoración: fácilmente biodegradable.

## 13. Consideraciones relativas a la eliminación

<b>Eliminación:</b>	El producto debe ser, por ejemplo, depositado en un vertedero controlado o incinerado en una planta adecuada respetando las legislaciones locales.
<b>Envase contaminado:</b>	Embalajes no contaminados pueden volver a utilizarse. Embalajes no lavables deben ser eliminados como el producto.

## 14. Información relativa al transporte

Mercancia no peligrosa según los criterios de la reglamentación del transporte.  
(ADR RID ADN R IMDG/GGVSee OACI/IATA)

## 15. Reglamentaciones

### **Reglamentaciones de la Unión Europea (Etiquetado) / Reglamentaciones nacionales:**

Directiva 1999/45/EEC („Directiva de Preparaciones“): No es obligatoria su señalización.

**Otras reglamentaciones:**            Ningunas.

## 16. Indicaciones adicionales

Indicaciones detalladas de los símbolos de peligrosidad y las frases R que están indicados en capítulo 3: Xi: Irritante. R36: Irritante a los ojos.

Las variaciones respecto a la versión anterior se han señalado para su comodidad mediante líneas verticales situadas en el margen izquierdo del texto.

Los datos indicados corresponden a nuestros conocimientos actuales y no representan una garantía de las propiedades. El receptor de nuestro producto deberá observar, bajo su responsabilidad, las reglamentaciones y normativas correspondientes.

**Departamiento que ha elaborado la Hoja de Seguridad: Abt. AT, Tel: +49 (0)40 -20 94 97-0**